

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФІЗИКИ МЕТАЛІВ**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Є.В. Іващенко

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 132 Матеріалознавство

на тему: «Термічне окиснення тонких шарів вакуумно осадженого хрому»

Виконав:

студент II курсу, групи ФМ-71мп

Кожура Віталій Сергійович _____

Керівник:

доцент, к.т.н.,

Котенко І.Є. _____

Консультант з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях:

професор, д.т.н.,

Левченко О.Г. _____

Консультант із розробки стартап-проекту:

доцент, к.е.н.,

Глущенко Я.І. _____

Консультант із питань нормоконтролю:

асистент КФМ,

Шаповалова Н.А. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФІЗИКИ МЕТАЛІВ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою
Спеціальність (спеціалізація) – 132 Матеріалознавство (Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Є.В. Іващенко
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Кожурі Віталію Сергійовичу

1. Тема дисертації «Термічне окиснення тонких шарів вакуумно осадженого хрому», науковий керівник дисертації Котенко Ігор Євгенович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «09» листопада 2018 р. № 4127-с
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: фазові перетворення у тонких плівках хрому при відпалі у вакуумі.
4. Вихідні дані: нанорозмірні плівки хрому на підкладках NaCl та ситал СТ-50-2.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Отримати плівки хрому. Приготувати зразки для електронної мікроскопії. Провести електронномікроскопічне та електроннодифракційне дослідження отриманих зразків до, в процесі та після відпалу у вакуумі. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки про початок та закінчення оксидування в плівках хрому.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Актуальність – слайд 2, мета – слайд 3, задачі – слайд 4, дослідження методом електронографії – слайд 6, дослідження методом електронної мікроскопії – слайд 9, дослідження методом електронної резистометрії – слайд 11, висновки – слайд 12

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Левченко О.Г., професор, д.т.н.		
Розробка стартап-проекту	Глуценко Я.І., доцент, к.е.н.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд джерел та написання літогляду		
2.	Нанесення хрому на підкладинки NaCl та ситал СТ-50-2		
3.	Проведення відпалу у вакуумі		
4.	Електронографічні дослідження		
5.	Оцінка мікроструктури плівки		
6.	Проведення резистометричного аналізу плівки хрому		
7.	Аналіз результатів та написання диплому		
8.	Захист		

Студент

В.С. Кожура

Науковий керівник дисертації

І.Є. Котенко

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація 74 с., 30 рис., 11 табл., 49 джерел.

ХРОМ, ВАКУУМНИЙ ВІДПАЛ, РЕЗИСТОМЕТРИЯ, ЕЛЕКТРОНОГРАМА, ОКИСНЕННЯ, ОСАДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження: фазові перетворення у тонких плівках хрому при відпалі у вакуумі.

Предмет дослідження: тонкі плівки хрому при відпалі у вакуумі.

Мета досліджень: Дослідження структури та фазового складу вакуумно-осаджених плівок хрому в процесі відпалу у вакуумі, що супроводжуються їх окисненням. Визначення температурно-часов меж стабільності структури тонких плівок металевих хрому до початку окиснення.

Методи досліджень: трансмісійна електронна мікроскопія (ТЕМ), електронографія, резистометрія.

Результати досліджень: Електронографічні дослідження свідчать, що під час відпалу плівок хрому у вакуумі (10-20) мПа, при нагріві до температури 900 °С плівка поступово переходить до стану оксиду, що відповідає стехіометричному складу Cr_2O_3 , при цьому відбувається зміна дрібнокристалічної будови плівки на вельми крупнозернисту, в якій розмір зерен перевищує 1 мкм.

Наукова новизна одержаних результатів: Отримані нові знання про закономірності фазоутворення в нанорозмірних плівках хрому, при відпалі за температури 900 °С.

ABSTRACT

Master Thesis 74 p., 30 pic, 11 tables, 49 sources.

CHROME, VACUUM ANNEALING, RESISTOMETRY, ELECTRONROME,
OXIDATION, APPROXIMATION

Object of research: phase transformations in thin films of chromium at annealing in vacuum.

Subject of research: thin films of chromium at annealing in a vacuum.

The purpose of the research: Investigation of the structure and phase composition of vacuum-deposited films of chromium in the process of annealing in a vacuum, accompanied by their oxidation. Determination of temperature-hours of boundaries of the stability of the structure of thin films of metallic chromium before the beginning of oxidation.

Research methods: Transmission electron microscopy (TEM), electron, resistometry.

Results of the research: Electronographic studies indicate that during the annealing of chromium films in vacuum (10-20) mPa, when heated to 900 °C, the film gradually converts to a state of oxide corresponding to the stoichiometric composition of Cr_2O_3 , with the change of the fine crystalline structure of the film on very coarse grains, in which the grain size exceeds 1 microns.

Scientific novelty of the obtained results: new knowledge about the regularities of phase formation in nanosized films of chromium, at annealing at a temperature of 900 °C, was obtained.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Аналіз плівок хрому отриманих при різних швидкостях	9
1.2 Аналіз плівок хрому після відпалу	15
1.3 Висновки до розділу 1	26
2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ	26
2.1 Матеріали	26
2.2 Методика	28
2.2.1 Електронографія	29
2.2.2 Електронна мікроскопія	30
2.2.3 Резистометрія	35
2.3 Висновки до розділу 2	35
3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	41
3.1 Дослідження структури плівок хрому	43
3.2 Висновки до розділу 3	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	46
4.1 Аналіз параметрів приміщення лабораторії	47
4.2 Аналіз освітленості приміщення лабораторії	48
4.3 Випромінювання від комп'ютера	49
4.4 Аналіз рівня шуму та вібрацій	51
4.5 Електронебезпека	51
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях	55
4.6.1 Пожежна безпека	56
4.6.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	57
4.7 Висновки до розділу 4	58
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	58
5.1 Актуальність	58
5.2 Опис ідеї проекту	59

5.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.....	60
5.4 Технологічний аудит ідеї проекту	60
5.5 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	64
5.6 Розроблення ринкової стратегії проекту	64
5.7 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	65
5.8 Висновки до розділу 5	65
ВИСНОВКИ	67
CONCLUSIONS	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

ВСТУП

Головні тенденції пошуку оптимальних рішень технічних задач залишаються незмінними у всьому розмаїтті сьогочасних технічних інновацій та нововведень. Поки не буде сформульовано беззаперечні переваги того чи іншого продукту або процесу, не зникнуть такі поняття, як: матеріалоемність, енергозатратність та доцільність. Наразі найбільша увага приділяється покращенню показників ефективності на економічності найбільш наукоємних та витратних галузей: хімічної та авіакосмічної промисловості, енергетики та машинобудування. Саме ці напрями визначають найактуальніші задачі науки.

Метою даної роботи є дослідження фазових перетворень у тонких плівках хрому при відпалі у вакуумі.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні задачі дослідження:

- зробити літературну розвідку по перспективності застосування хромовмісних плівок в машинобудуванні та електроніці;
- виготовити дослідні зразки тонких плівок хрому методом термічного випаровування у вакуумі;
- визначити найбільш перспективні методики для дослідження;
- опрацювати методики електронно оптичного аналізу структури та фазового складу;
- опрацювати результати досліджень та сформувати звіт з переддипломної практики.

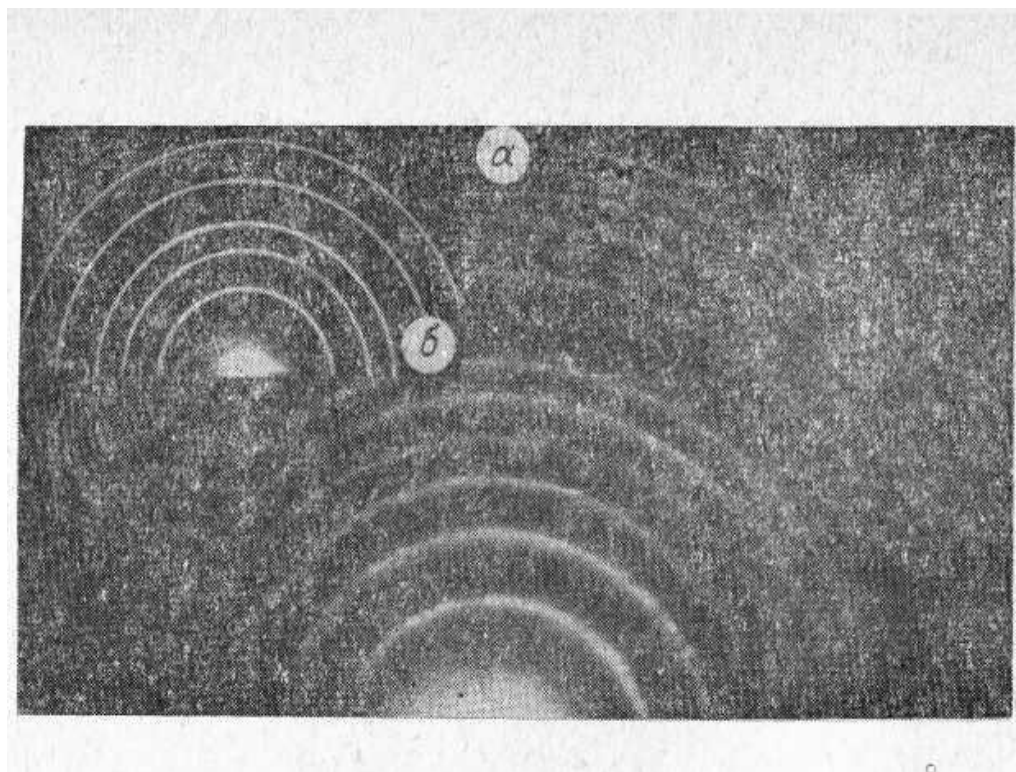
Об'єкт дослідження – фазові перетворення у тонких плівках хрому при відпалі у вакуумі.

Предмет дослідження – тонкі плівки хрому при відпалі у вакуумі.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз плівок хрому отриманих при різних швидкостях

Електронографічним методом з'ясовано, що плівки хрому товщиною (200 - 1000) Å, отримані як на склі, так і на сколах монокристалів NaCl при кімнатній температурі зі швидкістю конденсації $W_k = (7-12)$ Å/с (мала швидкість) і понад 200 Å/с (висока швидкість), мають мілкодисперсну полікристалічну структуру (рис. 1.1). Докладний електронографічний аналіз плівок хрому, отриманих з малою і великою швидкостями конденсації, показав, що при малій в плівці хрому присутні оксиди Cr_2O_3 , Cr_3O_4 , CrO і нітрид CrN. Оксиди і нітрид хрому утворюються при температурах підкладки від кімнатної до 350 °С як на аморфних, так і на монокристалічних підкладках. Індіціювання електронограми хрому проводилося за звичайною методикою для об'ємно-центрованих кубічних кристалів [1, 2].



а – швидкість конденсації (W_k) ~ 10 Å/с, б - $W_k \sim 200$ Å/с

Рисунок 1.1 – Електронограмма плівки хрому на склі (температура підкладки (T_n) – кімнатна) [10]

Результати індіціювання електронограми (рис. 1.2) зведені в таблицю 1.1. Однак електронографія цих плівок на просвіт не завжди виявляла лінії оксидів. Можна припустити, що окисли знаходяться на поверхні плівок, а не у вигляді включень по всьому об'єму плівки.

Таблиця 1.1 – Міжплощинні відстані, розраховані по електронограмі плівки хрому, напиленої на скло при кімнатній температурі, Å [12]

Інтенсивність дифракційних ліній	Cr		Cr ₂ O ₃		Cr ₃ O ₄		CrN		CrO	
	hkl	d	hkl	d	hkl	d	hkl	d	hkl	d
Сильна			104	3,67						
Дуже сильна					131	2,67			-	2,59
Сильна							111	2,39		
>>	110	2,052							-	1,9
Середня										
Сильна					151	1,65				
Середня	200	1,436								
>>					602	1,345				
Слабка	211	1,172								
Дуже слабка			-	1,08						

Для перевірки цього припущення проведено такий дослід. Плівку хрому при $W_k \sim 10 \text{ Å/s}$ і T_p - кімнатної зняли з відколу NaCl у воді, перенесли з води на скляну пластинку, висушили під променями інфрачервоної лампи.

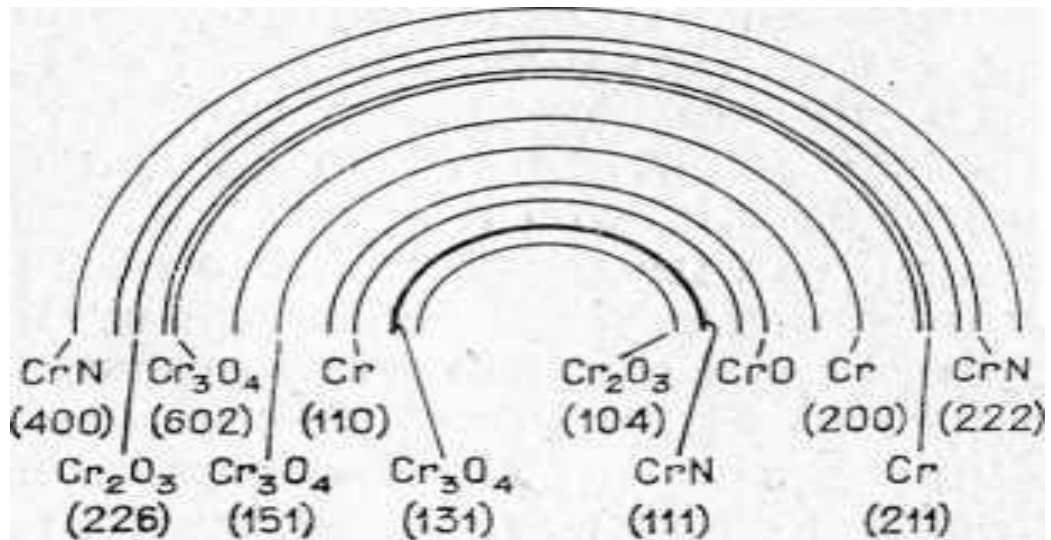
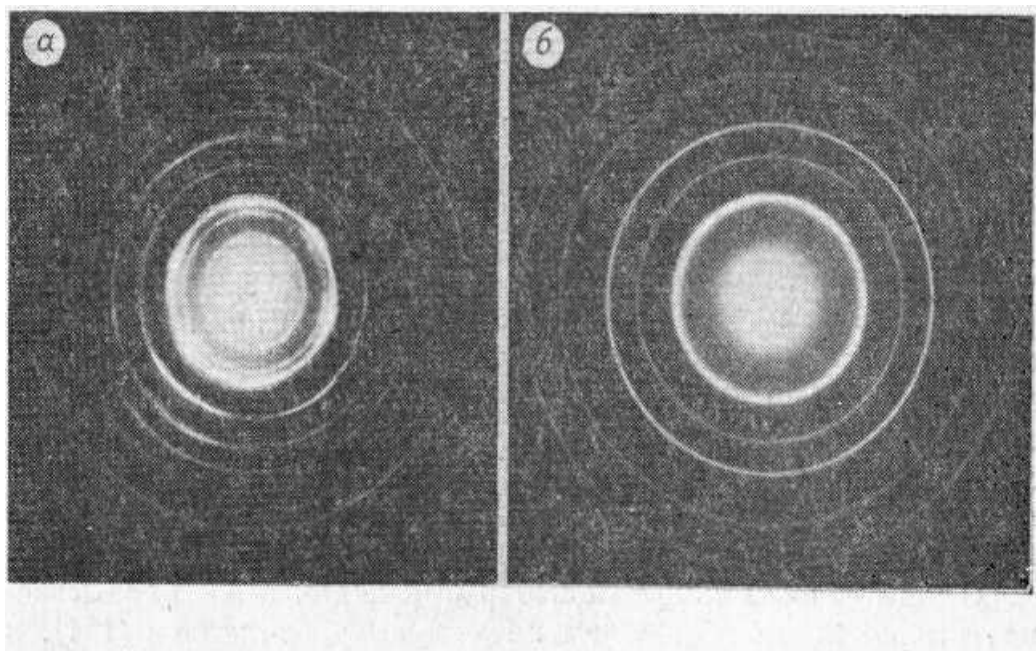


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення електронограми плівки хрому на склі (температура підкладки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації (W_k) $\sim 10 \text{ Å/c}$) [11]

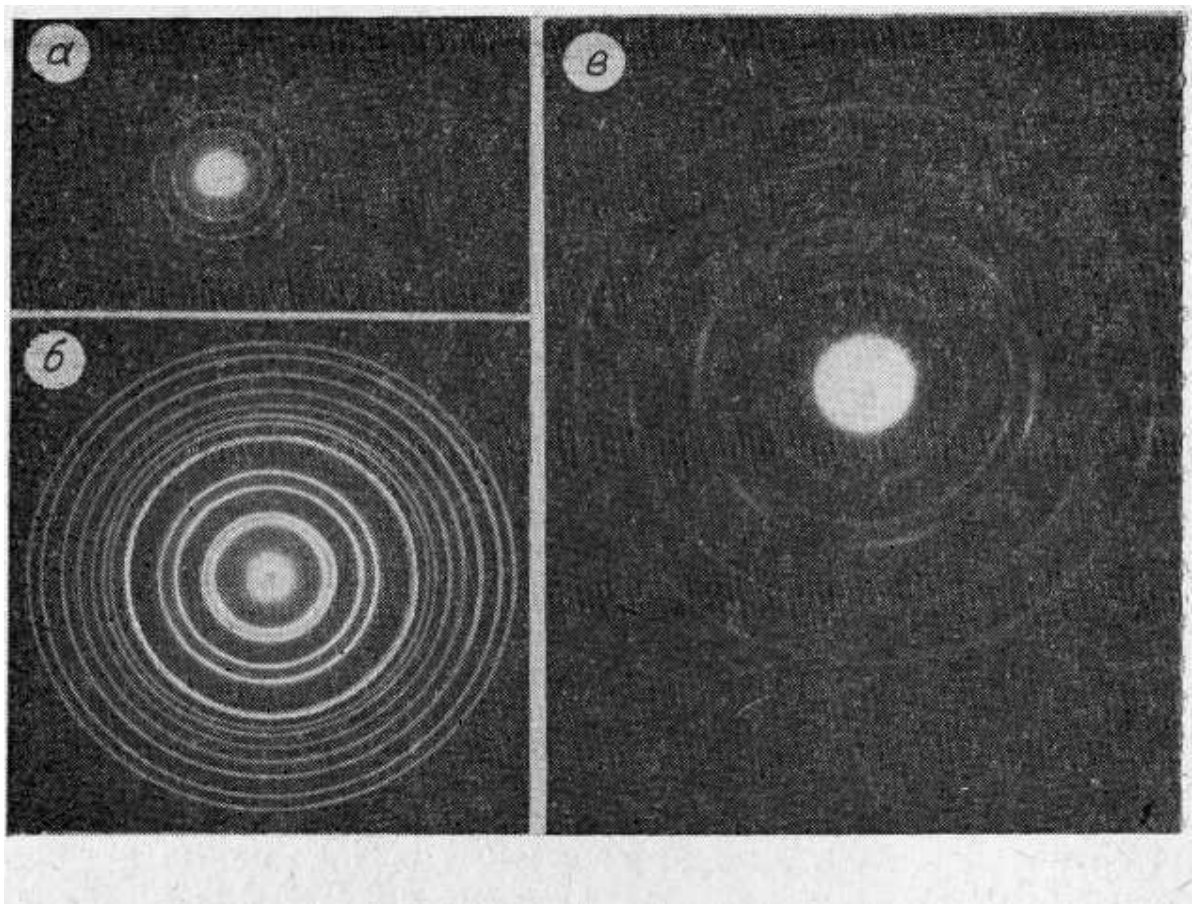
Потім капнули на неї концентрованою соляною кислотою. Після декількох секунд травлення плівку промили, перенесли на сіточку і зняли електронограму. На рисунку 1.3, а, б показані для порівняння структури вихідна і після травлення (температура плівки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації – (W_k) $\sim 10 \text{ Å/c}$).



а - вихідна; б - після травлення в HCl

Рисунок 1.3 – Структура плівки хрому [13]

Порівняння хрому при товщині $\sim 50 \text{ \AA}$ повністю очищає плівку від оксидів хрому. Аналіз структури плівок хрому $W_k \sim 10 \text{ \AA/s}$ показав, що в залежності від товщини плівки найбільш інтенсивно проявляються лінії різних окислів хрому. Так, при товщині 300 \AA найбільш інтенсивні лінії Cr_3O_4 і CrN (рис. 1.4, а), зі збільшенням товщини до 400 \AA - лінії Cr_2O_3 (рис. 1.4, б), при товщині $(700 - 1000) \text{ \AA}$ найбільш інтенсивними є лінії, що належать металевому хрому (рис. 1.4, в). Отже, співвідношення товщини плівки хрому і окисного шару змінює інтенсивність різних ліній на електронограмі.



а – 300 \AA , б – 400 \AA , в - $700-1000 \text{ \AA}$

Рисунок 1.4 – Співвідношення інтенсивності ліній хрому і його окислів в залежності від товщини плівки (температура плівки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації – (W_k) $\sim 10 \text{ \AA/s}$) [13]

В даному випадку травилася поверхня, звернена до випарника. Для того щоб бути впевненими, що оксид знаходиться зовні, потрібно протравити

поверхню, дотичну з підкладкою. Для цього плівку з NaCl зняли в воді, перенесли на скляну паличку і, не просушуючи, перевернувши поверхню, знову помістили на поверхню води. Таким чином, зверху стала перебувати поверхня, прилегла раніше до відколу NaCl. Методом, описаним раніше, ця поверхня була протравлена, а з плівки знята електронограмма (рис. 1.3, б). Отже, тонка плівка окислів знаходиться тільки на поверхні, зверненої до випарника.

У разі високої швидкості конденсації ($W_k \sim 200 \text{ Å/с}$) плівки хрому на електронограмі дають інтерференційні лінії тільки металевого хрому. Травлення таких плівок картини не змінює. У зв'язку з викладеним можна запропонувати механізм конденсації плівок хрому в залежності від її швидкості. Перші пари молекулярного пучка хрому взаємодіють із залишковим киснем, адсорбованим «обезгаженою» поверхнею скла або монокристалла NaCl, і утворюють на підкладці шар оксиду хрому. Атоми хрому, що надходять на підкладку слідом за першими, вже не будуть утворювати з'єднань з киснем, так як їм легше продифундувати через шар оксиду хрому [3]. Це пов'язано з тим, що швидкість дифузії атомів хрому через окисну плівку більше швидкості окислення, і відповідно енергія активації дифузії хрому через оксиди менше енергії активації окислення хрому. Зі збільшенням швидкості випаровування кількість захоплюваного молекулярним потоком кисню зменшується [4], в при досягненні швидкості конденсації матеріалу плівки, що перевищує по абсолютній величині швидкість взаємодії хрому з киснем, плівка окислів хрому може взагалі не утворюватися. Кисень в цьому випадку розчинений в плівці хрому рівномірно по всьому об'єму. Це явище спостерігали при швидкості конденсації $W_k \sim 200 \text{ Å/с}$. Така якісна картина цілком задовільно підтверджується теоретично (формула 1.1), оскільки число атомів залишкового газу, що припадають на атом напилюваної речовини, таке саме [5].

$$n = 3,51 \cdot 10^{22} p' M' / \sqrt{MT} N_A p W_k, \quad (1.1)$$

де p' - парціальний тиск залишкових газів, мм. рт. ст.;

M' - молекулярна маса газу;

N_A – число Авогадро;

W_k – швидкість конденсації, товщина/с;

T – температура конденсації (температура підкладки).

При $T = 300$ К, $p = 5,7$ г/см³, $p' = 9,5 \cdot 10^{-7}$ мм. рт. ст. (що відповідає тиску повітря $5 \cdot 10^{-5}$) $M' = 32$, $M = 52$, $W_k = 200$ Å/с, $n = 1,6 \cdot 10^{-3}$. В цьому випадку атоми залишкових газів рівномірно розподіляються по товщині плівки. При $W_k = 10$ Å/с і тих же значеннях інших параметрів $n = 5 \cdot 10^{-2}$, тобто тепер уже захопленого кисню вистачить на окислення тридцятої частини атомів хрому до Cr_2O_3 .

За даними [6], перша стадія окислення при низьких температурах лімітується хемосорбцією і протікає за логарифмічним законом. Модель виникнення окисної плівки, запропонована Кабрерра і Моттом, передбачає існування в тонкій плівці сильного електричного поля. У процесі хемосорбції на металі утворюється плівка, в якій іони і електрони рухаються незалежно один від одного. При низьких температурах іони не можуть дифундувати через плівку, а електрони здатні переходити з металу в кисень, адсорбований на поверхні плівки шляхом тунельного ефекту. Електрони не можуть бути поверхневими катіонами, що змінюють при цьому свою валентність: $2M^{++} + O_2/2 = 2M^{++} + O^-$.

Таким чином, катіони металу будуть утворюватися на поверхні розділу метал-окисел, а іони кисню - на поверхні розділу окисел - молекулярний пучок. Завдяки виникненому електричному полю іони металу проникають через плівку оксиду. Аналітично швидкість окислення (формула 1.2) можна представити у вигляді

$$\frac{d\xi}{dt} = N^* \nu v_0 \exp\left(-\frac{W_s}{kT}\right) \exp\left(\frac{Zea^*V}{\xi kT}\right), \quad (1.2)$$

де ξ – товщина окисної плівки;

N^* - число іонів на 1 см²;

ν – частота переходів;

v_0 – об'єм окислу металу, припадаючий на іон;

W_s – енергія утворення вільного катіонного вузла;

Ze – заряд іону;

$a^* = a + a/2$ – постійна ґратки;

V – потенціал поля.

Для хрому $N^* = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$; $v = 8,5 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$; $v_0 = 4,55 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$; W_s приймаємо рівним 1/6 теплоти випаровування [7], $W_s = 1/6 \cdot 93,7 \text{ ккал/моль}$;

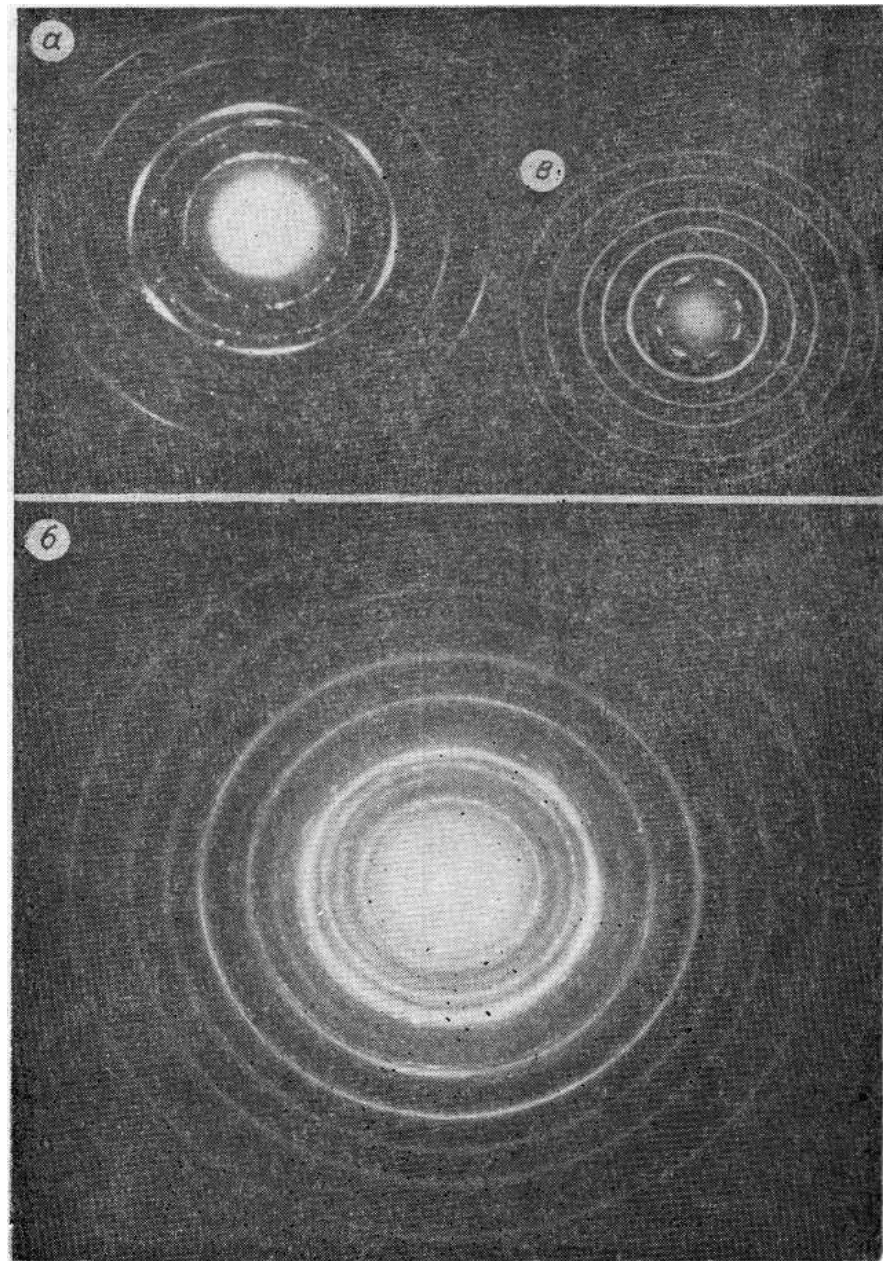
$Ze = 3 \cdot 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ од. CGSE}$; $V = 1 \text{ В}$ при товщині плівок до 50 Å . При цих значеннях швидкість окислення становить $1,35 \cdot 10^{-9} \text{ м/с}$, або $13,5 \text{ Å/с}$, що близько до нашої малої швидкості конденсації, $W_k \approx 10 \text{ Å/с}$.

1.2 Аналіз плівок хрому після відпалу

Структура плівок хрому залежить від температури підкладки. При малій швидкості конденсації спостерігається наступна картина. При кімнатній температурі підкладки структура плівок полікристалічна, зерна досить дрібні, лінії на електронограмі широкі, але навіть і в цьому випадку спостерігається легка текстура (рис. 1.4, а). З підвищенням температури підкладки при напыленні до 200 °C дужки на кільцях хрому посилюються, що свідчить про збільшення переважної орієнтації (рис. 1.4, б). При подальшому підвищенні T_n до 350 °C переважна орієнтація виражена ще виразніше (рис. 1.4, в). З рисунку 1.4 випливає, що з підвищенням температури підкладки розміри кристалітів окислів збільшуються і значно перевершують розміри кристалів хрому. Цілком можливо, що окисли хрому, як і оксиди міді [8], ростуть дуже дрібними, досить правильними кристалами типу вусів, тобто протяжними в напрямку, перпендикулярному підкладці. «Вуса» не суцільно покривають плівку, про що свідчать дифракції на просвіт і на відбиття. На просвіт не завжди спостерігаються оксиди [8]. На рисунку 1.5 показані електропограми і електронно-мікроскопічні знімки плівок, напылених на відколі хлористого натрію з високою швидкістю конденсації при різних температурах підкладки. Видно, що зі збільшенням температури підкладки з'являється текстура. Ширина

ліній на електронограммах зменшується з підвищенням $T_{\text{п}}$, тобто зі збільшенням кристалів. Те ж саме можна бачити на електронно-мікроскопічних знімках.

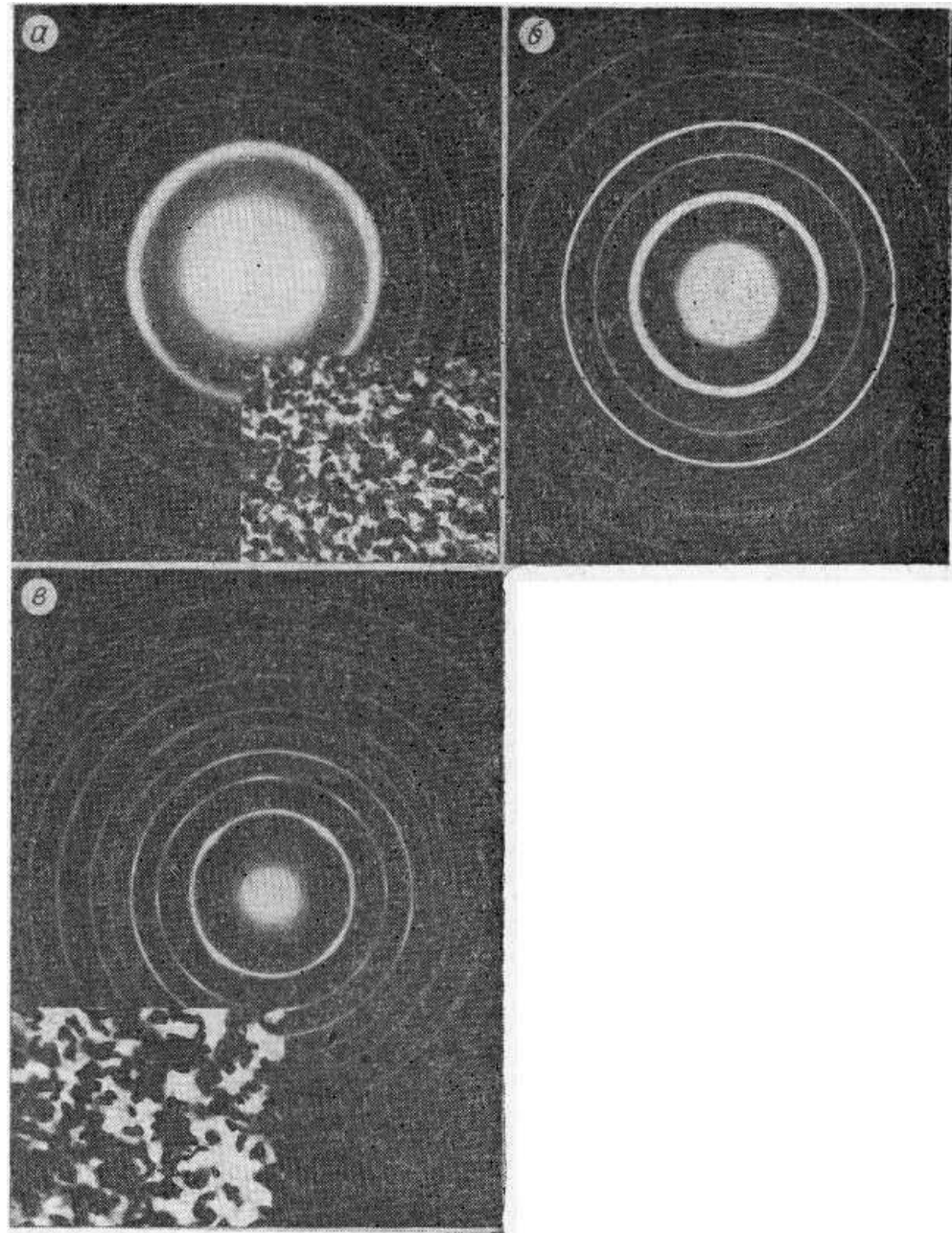
Зменшення ширини лінії на електронограммах свідчить ще й про зменшення внутрішньої напруги. За даними авторів [9], при $T_{\text{п}} = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігаються найнижчі напруги в плівках хрому, і такі плівки мають найвищу адгезію до скла.



а - $T_{\text{п}}$ - кімнатна; б - $T_{\text{п}} = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$; в - $T_{\text{п}} = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 1.5 – Структура плівки хрому на відколі NaCl в залежності від температури підкладки ($T_{\text{п}}$), швидкості конденсації (W_k) $\sim 10\text{ Å/s}$ [16]

З роботи випливає, що внутрішнє напруження в плівках хрому товщиною $\sim 1000 \text{ \AA}$, певне механічним методом (по прогину плівки з підкладкою), становить 1000 кг/см (рис. 1.6).



а - $T_{\text{п}}$ - кімнатна; б - $T_{\text{п}} = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$; в - $T_{\text{п}} = 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 1.6 – Залежність структури плівок хрому на сколі NaCl від температури підкладки ($T_{\text{п}}$), швидкість конденсації ($W_{\text{к}}$) $\sim 200 \text{ \AA/с}$ [16]

Також досліджувався нагрів хромових плівок в вакуумі протягом 10 хв. З'ясовано, що плівки, закристалізовані з малою швидкістю, рекристалізуються

при температурі (350–400) °С. У деяких випадках спостерігається текстурування (рис. 1.7). Такі ж плівки, зняті зі склів NaCl і перенесені на електронно-мікроскопічні сіточки, при нагріванні до (500-550) °С стають мозаїчними монокристалами.

Електронограмма таких плівок точкова (рис. 1.8).

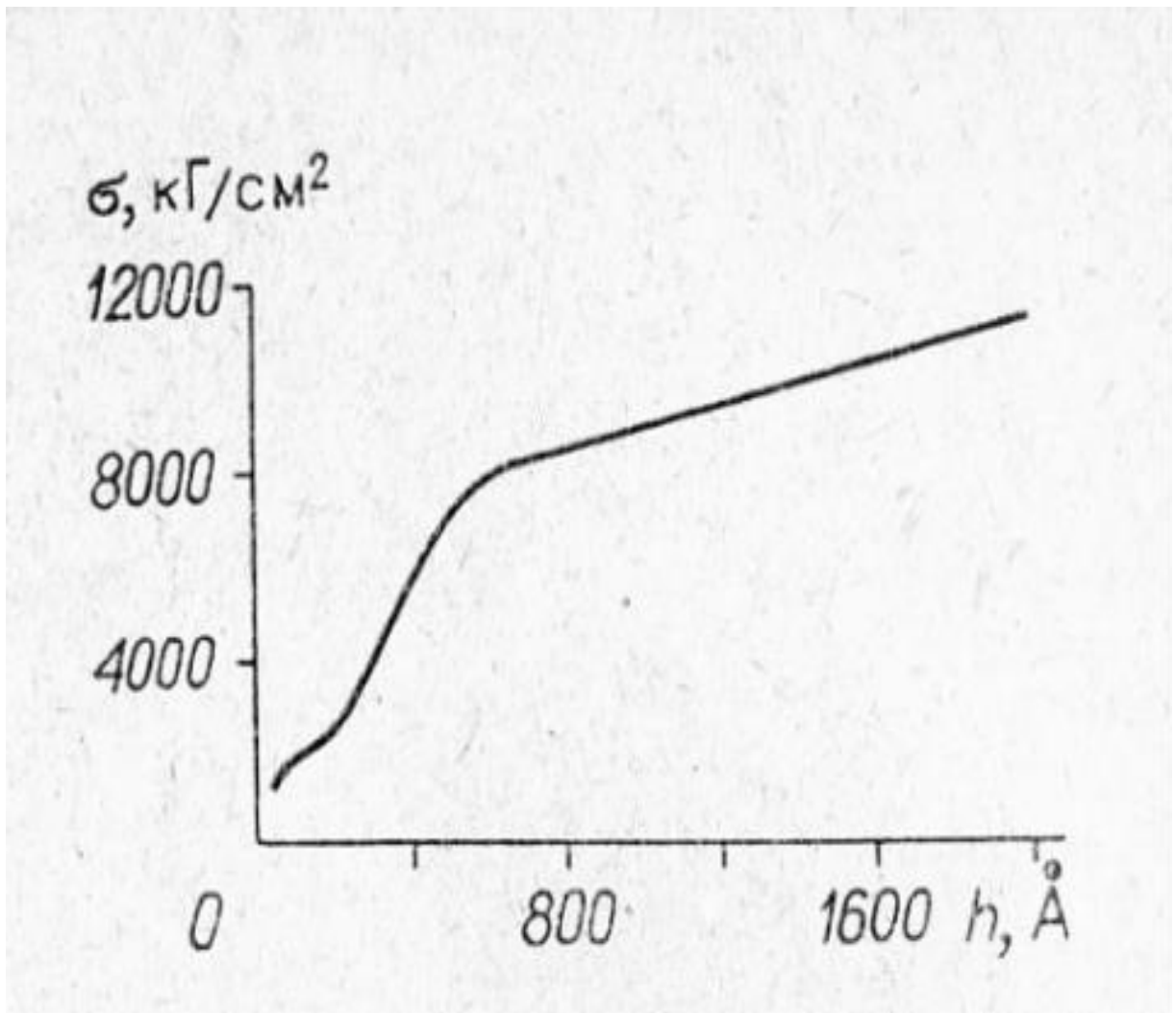


Рисунок 1.7 – Внутрішня напруга розтягування в плівках хрому в залежності від товщини [15]

Електронно-мікроскопічна фотографія цієї ж плівки наочно свідчить про сильно вирослі розміри зерен (рис. 1.9).

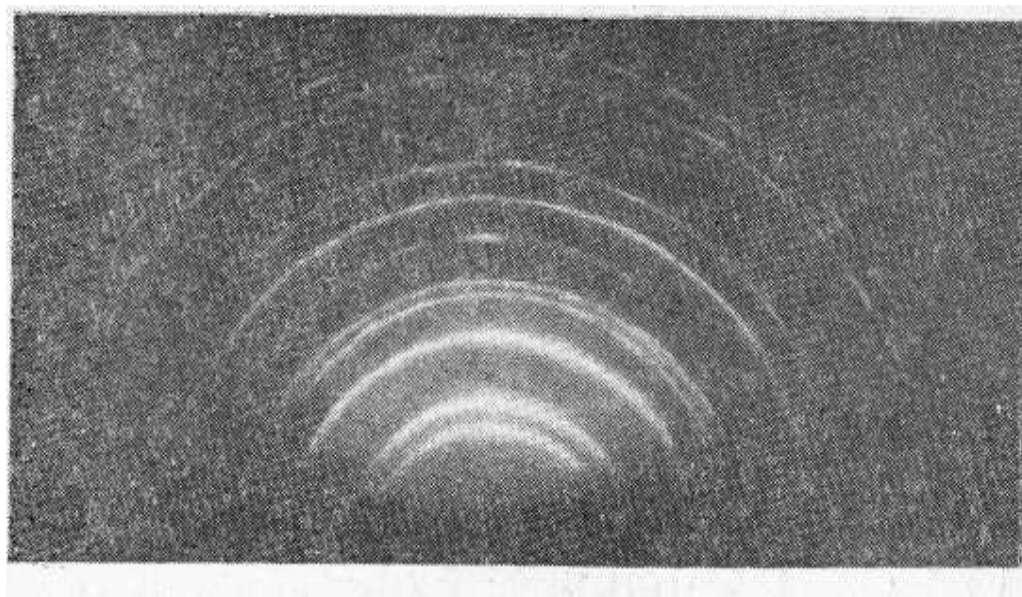


Рисунок 1.8 – Електронограма рекрісталізованої плівки хрому на склі
(температура підкладки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації
(W_k) $\sim 10 \text{ \AA/s}$) [16]

Вакуумна термообробка плівок, отриманих як на, склі, так і на сколах солі NaCl, при швидкості конденсації $W_k \sim 200 \text{ \AA/s}$ до 350°C не вносила ніяких змін в структуру.

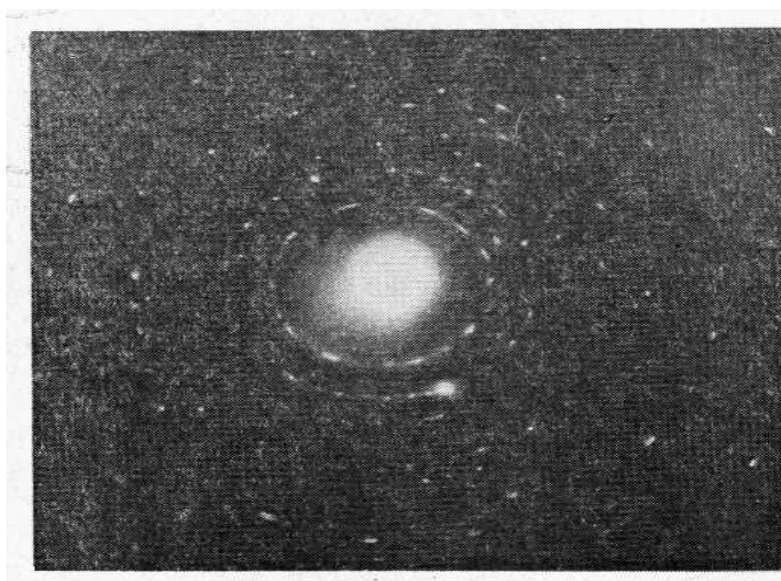


Рисунок 1.9 – Електронограма вільної плівки хрому після термообробки
при 500°C (температура підкладки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації
(W_k) $\sim 10 \text{ \AA/s}$) [16]

Вище 350 °С на плівці виявлені сліди оксиду хрому. Окисел, який з'являється металевому хрому, дає досить розмите гало (рис. 1.10), і, цілком ймовірно, шар оксиду значно тонше того, який ми виявляли у вихідних плівках, конденсованих при $w_k \sim 10 \text{ Å/с}$. Сліди оксиду хрому на плівці зі скляною підкладкою залишалися аж до розм'якшення скла, структура хрому при цьому зовсім не змінювалася. Точно така ж плівка, знята з підкладки і підігріта до (600 - 650) °С, рекристалізувалася, що фіксувалося по появі уколів на дифракційних лініях. За даними роботи [10], після відпалу при температурі $\sim 350 \text{ °С}$ плівки хрому зміцнюються.

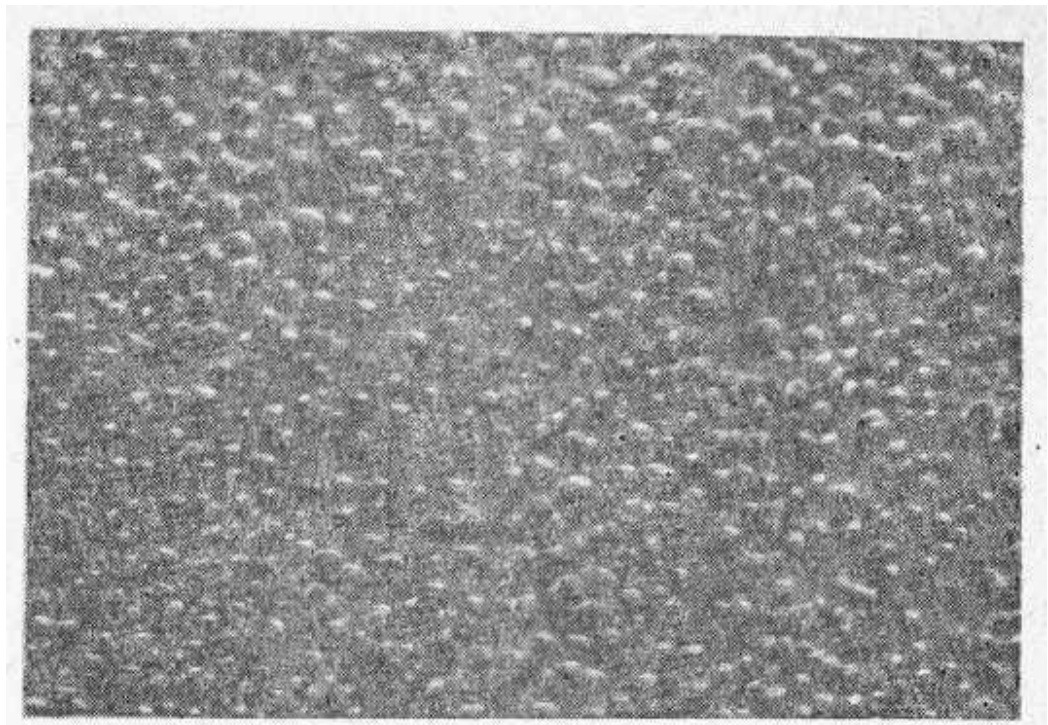


Рисунок 1.10 – Електронна мікрофотографія рекристалізованої плівки хрому при 500 °С протягом 10 хв (температура підкладки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації (W_k) $\sim 10 \text{ Å/с}$) [16]

Описані експериментальні факти рекристалізації плівок хрому дозволили припустити, що окис хрому є активатором рекристалізації плівок хрому. Активаційна рекристалізація, як уже вказувалося в розділі III, відома давно [11], але механізм її до сих пір спірний.

Ми перевірили припущення про те, що дія активатора полягає у взаємодії механічних напружень на межі розділу метал - окисел металу і появу поблизу її зерен, які стають центрами рекристалізації. При подальшому поглинанні плівкою теплової енергії починається релаксація напружень по межах зерен, що сприяє більш повній рекристалізації. Такий механізм може бути допустимий, якщо механічні напруги в оксиді і металі різних знаків. У класичній праці [12] визначено, що плівки тугоплавких металів (в тому числі і хрому) в умовах вакууму $\sim 10^{-5}$ торр осідають з розтягуючими напруженнями, а плівки окислів цих металів в цих же умовах мають стискаючи напруження. Додавання напруг різних знаків на кордоні розділу робить її і прилеглі до неї ділянки більш напруженими. Такі умови призводять до анігіляції частини дислокацій різних знаків в деяких зернах хрому і окису хрому, які стають зародками рекристалізації. У зв'язку з цим дислокації в сусідніх зернах при (600 - 650) °C стають рухливими і починається полігонізація хрому і окису хрому. Вибудовування дислокацій в погональні стінки на кордонах блоків призводить до релаксації напруг на кордонах зерен хрому, що сприяє рекристалізації.

Зазначений механізм активаційної рекристалізації перевірявся нами на плівках хрому, напилених з високою швидкістю конденсації при кімнатній температурі підкладки. Як активатори - застосовувалися плівки сульфідів цинку і фториду магнію. Підкладками служило просте електровакуумне скло. Як впливає з роботи [12], в плівках сірчаного цинку на склі спостерігаються стискаючи напруження, в плівках фтористого магнію - розтягуючі (рис. 1.10). У разі сульфідів цинку рекристалізація мала місце при температурі 350 °C, в разі фториду магнію - не спостерігалася і при більш високій температурі аж до 550 °C.

Пошарова структура композиції Cr-ZnS , вихідна і після нагрівання, показана на рисунку 1.11. Активатор ZnS напилювався при кімнатній температурі підкладки зі швидкістю $W_k \sim 5 \text{ Å/s}$.

Cr-MgF_3 на склі. MgF_2 напилювана, як і хром, при кімнатній температурі підкладки зі швидкістю $W_k \sim 3-5 \text{ Å/s}$.

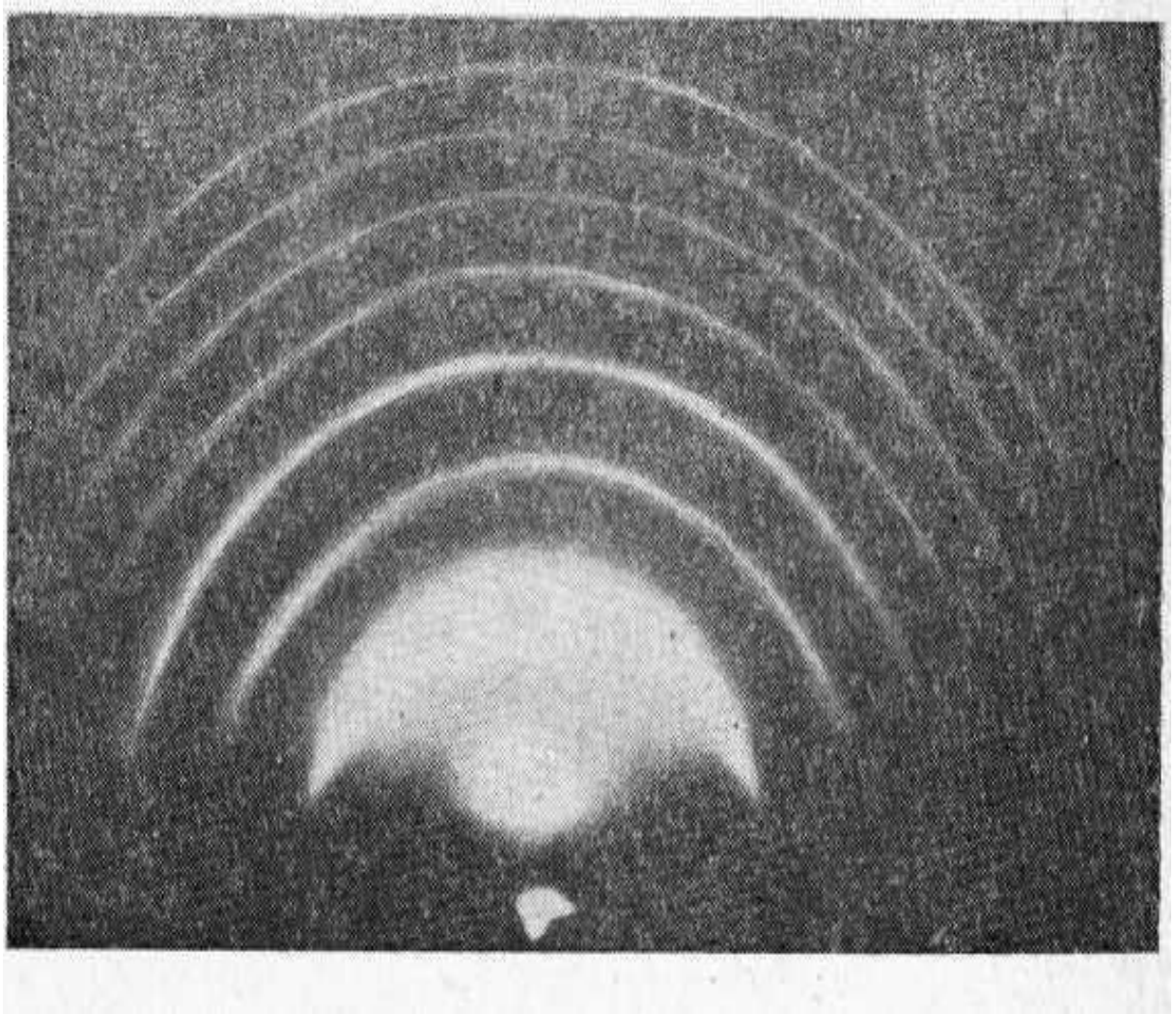
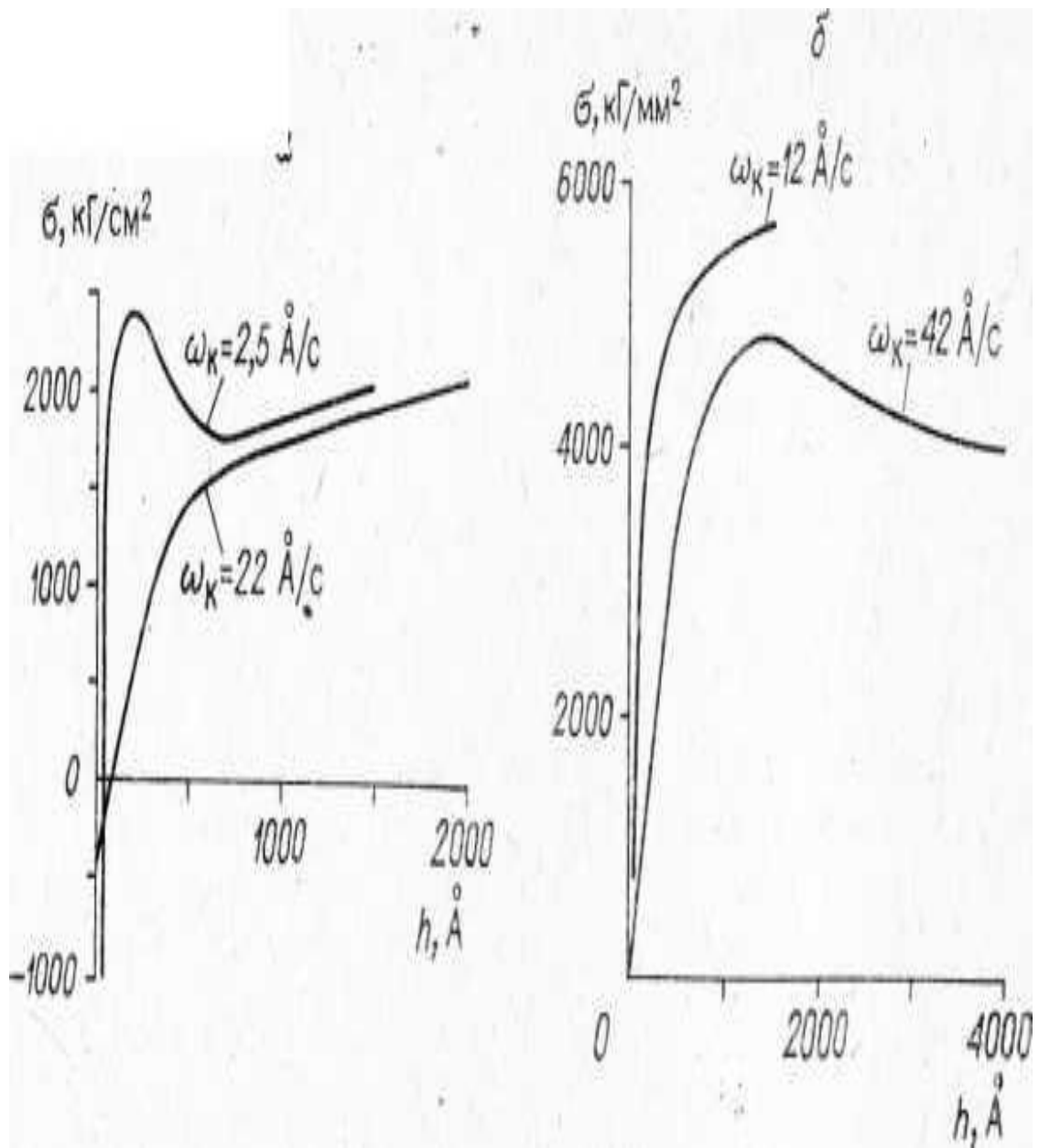


Рисунок 1.11 – Електронограма плівки хрому на склі (температура підкладки (T_n) – кімнатна, швидкість конденсації (W_k) ~ 200 Å/с) після відпалу при 350 °C [16]

Структура плівки хрому, отриманої при $W_k \sim 200$ Å/с, аналогічна показаній на рисунку 1.4, б. Велике значення для проведення активаційної рекристалізації плівок хрому має співвідношення товщини основного металу і активатора. Проведений нами підбір товщини активатора ZnS для плівки Сг товщиною ~ 1000 Å показав, що рекристалізація йде активно, якщо товщина ZnS становить $(75 - 100)$ Å, тобто при співвідношенні товщини плівки металу і активатора 10:1. У разі композиції Сг-MgF₂ рекристалізації не спостерігалось при будь-якому співвідношенні товщини плівок (рис. 1.12).

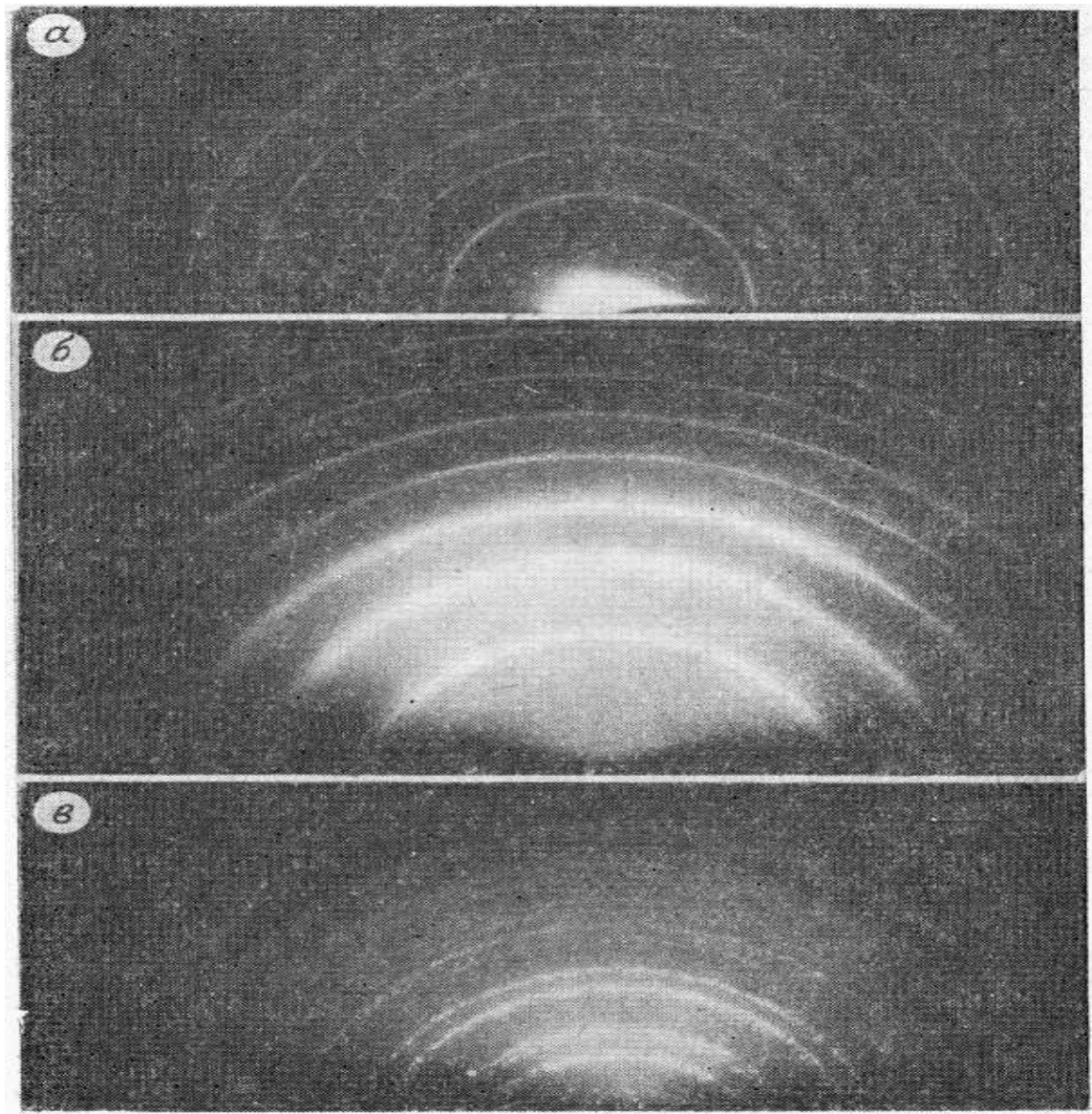


а - ZnS; б - MgF₂

Рисунок 1.12 – Залежність внутрішніх напружень розтягу або стиснення від товщини плівок [17]

Для більш повного дослідження структурних властивостей плівок хрому досліджувався вплив тривалості зберігання (старіння) на повітрі при кімнатній температурі на характер структури. В результаті електронографічних і електронно-мікроскопічних досліджень плівок після зберігання було виявлено, що до кінця другого року витримки структура плівки хрому на склі ($W_k \sim 10 \text{ \AA/c}$) з полікристалічної дрібнодисперсної перетворилася в великоблочну

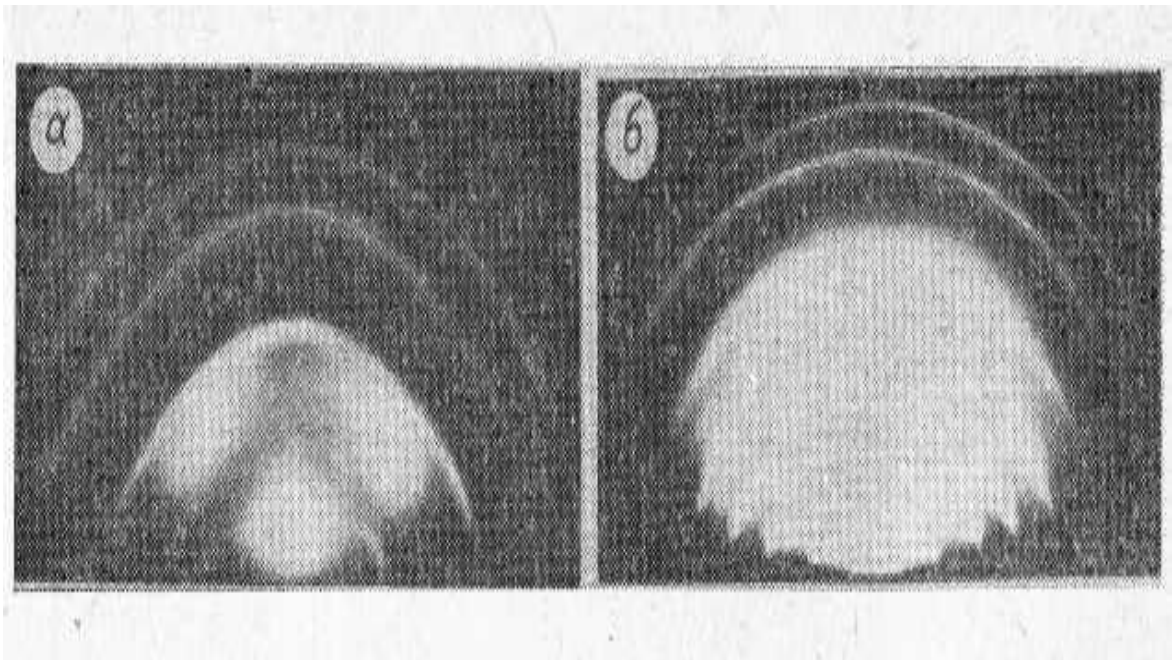
орієнтовану. Розміри зерен на поверхні плівок значно збільшилися (рис. 1.13) в порівнянні з вихідним зерном.



а - структура плівки хрому на склі (температура підкладки ($T_{\text{п}}$) – кімнатна, швидкість конденсації (W_k) $\sim 200 \text{ Å/s}$); б - структура плівки ZnS на хромі ($T_{\text{п}}$ – кімнатна, $W_k \sim 5 \text{ Å/s}$); в - структура композиції Cr-ZnS після прогріву у вакуумі 10^5 торр при 350°C протягом 10 хв.

Рисунок 1.13 – Вплив плівки ZnS на рекристалізацію плівки хрому [17]

Електронограмма з такою вихідною плівкою представлена на рисунку 1.5. Ця ж плівка після дворічного перебування на повітрі дає вже зовсім іншу дифракційну картину (рис. 1.14).



а - структура плівки MgF_2 в початковому стані; б - структура композиції Cr-MgF_2 після прогріву у вакуумі 10^{-5} торр при 500°C протягом 10 хв

Рисунок 1.14 – Вплив плівки MgF_2 на затримку рекристалізації плівки хрому [17]

1.3 Висновки до розділу 1

1. Літературна розвідка показала, що тонкі шари хрому використовуються при виготовленні приладів мікро та наноелектроніки.
2. Найбільшу увагу в дослідженнях хромовмісних матеріалів приділяють визначенню температурно-часових інтервалів появи перших оксидних фаз та стабільних металоксидних композицій з хромом.
3. Огляд літератури показав, що найбільшим впливом в використанні хромовмісних матеріалів, є нестехометричних оксидів та їх вплив на протікання подальших фазових перетворень електрофізичних властивостей

2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1 Матеріали

Матеріали для дослідження обрані відповідно до поставлених у роботі задач та ґрунтується на тому, що при вакуумному температурному відпалі можливе встановлення закономірностей фазових перетворень Cr.

2.2 Методика

В роботі було використано комплекс методів дослідження сучасного фізичного матеріалознавства.

2.2.1 Електронографія

Електронографія – це дифракційний метод аналізу кристалічного стану речовини. Загальний час отримання експозиції для отримання електронограм займає приблизно секунду. Це обумовлюється взаємодією між електронами та атомними ядрами. Потенціальне поле останніх значно сильніше за взаємодію рентгенівського випромінювання та маси електронів, розташованих на електронних орбітах атомів. Це дозволяє отримувати електронограми під час термічної обробки досліджуваного зразку, що є безумовною перевагою цього методу аналізу кристалічного стану речовини. Проте, дослідження обмежені допустимою товщиною просвічуваного зразка, що складає приблизно декілька десятків нанометрів. Це обмеження накладається сильною взаємодією між речовиною та електронами.

На електронограмах спостерігаються рівномірно затемнені кола, а в випадку зйомки на рухому фотопластину, спостерігаються паралельні лінії. Якщо ж на електронограмі присутні потовщені віддзеркалені дуги, то це свідчить про переважну орієнтацію зерен, тобто текстуру. Електронограми такого типу виникають при пружному одноразовому розсіянні [18].

Фазовий склад та фазові перетворення визначаються за допомогою аналізу інтенсивності та розташування інтерференційних рефлексів, утворених після

дифракції електронів на кристалічній ґратці досліджуваного зразку. Розрахунок міжплощинних відстаней фаз в кристалічній структурі досліджуваного зразку проводиться за співвідношенням між сталою приладу та діаметром характерного інтерференційного рефлексу. Стала приладу визначається відстанню між розсіюючим зразком та фотопластиною, а також дебройлівською довжиною хвилі електрона. Після проведених розрахунків міжплощинних відстаней відповідно до таблиць ASTM можна отримати фазовий склад досліджуваного зразку, а також параметри його кристалічної ґратки. Для дифракційного аналізу зразків в роботі застосований електронограф ЕМР-100, електронно-оптична схема котрого зображена на рис. 2.1.

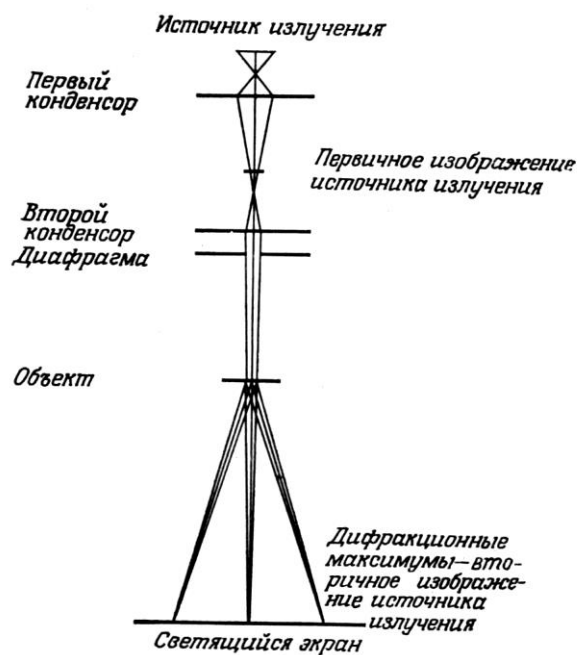


Рисунок 2.1 – Оптична схема електронографа ЕМР-100 [19]

В електронній гарматі електронографа відбувається термоелектронна емісія з вольфрамового катода. У свою чергу електрони прискорюються під дією електричного поля з різницею потенціалів (75-100) кВ за допомогою електростатичної лінзи. Зразок у вигляді тонкої плівки товщиною (200–400) Å (досліджуваний об'єкт) опромінюється електронним променем, сформованим із електронів під дією магнітних полів конденсорних лінз. Електронний промінь

дифрагує досліджуваний об'єкт на його кристалічній ґратці. При цьому на скляній фотопластині реєструється відповідна інтерференційна картина.

На екрані електронографа спостерігаються електронограми внаслідок свічення речовини-люмінофора. Після встановлення фотографічної пластинки на екран, електрони викликатимуть в ній фотохімічні реакції, що спричиняє фіксування електронограми на фотографічній пластинці. Значення прискорюючої напруги, застосованої в даній роботі, складає 75 кВ.

2.2.2 Електронна мікроскопія

В сучасних наукових та прикладних дослідженнях застосовують світлову та електронну мікроскопію, в яких відповідно для дослідження використовують світлові і електронні промені. Оптична просвітна мікроскопія (світлова мікроскопія) характеризується малою глибиною різкості і відносно невисокою роздільною здатністю, яка визначається довжиною хвилі світлового променя і складає приблизно мікромметр.

Електронний мікроскоп завдяки високій роздільній здатності (більш ніж на два порядки вище у порівнянні зі світловим мікроскопом) дозволяє спостерігати тонкі особливості і деталі структури мікрооб'єктів на атомно-молекулярному рівні. Ці прилади за своїм призначенням розділяють на трансмісійні і скануючі електронні мікроскопи.

Трансмісійний електронний мікроскоп (англ. Transmission Electron Microscope, TEM) використовують для дослідження дуже тонких плівок (товщина плівок є меншою ніж 100 нм), роздільна здатність електронного променя є високою (до 0,3 нм). В даній мікроскопії найважчим є приготування ультратонких плівок.

Скануюча електронна мікроскопія (англ. Scanning Electron Microscopy, SEM) – метод дослідження поверхневої структури мікрооб'єкта шляхом аналізу відбитого «електронного зображення».

Принцип роботи скануючого електронного мікроскопа показано на рисунку 2.2. Сфокусований електронний промінь пробігає прямокутну ділянку

зразка, внаслідок чого з поверхні емітуються вторинні та пружно-відбиті електрони.

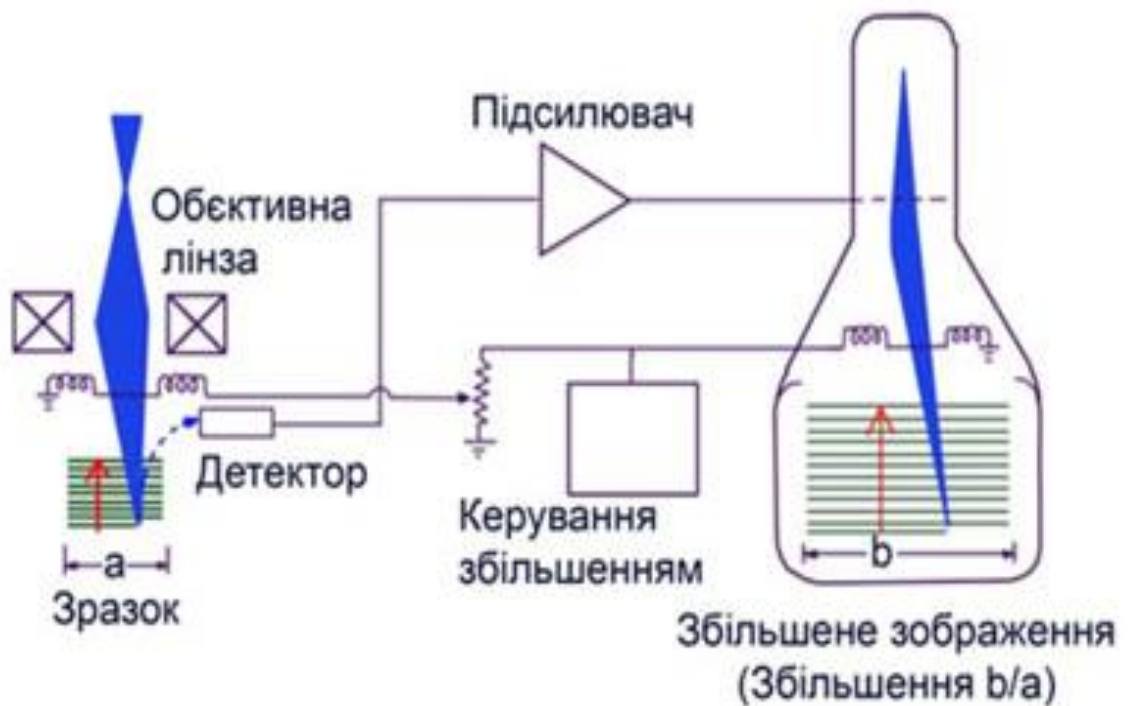


Рисунок 2.2 – Принцип роботи скануючого електронного мікроскопа [18]

Цей метод, винайдений в 1950-х роках, дозволяє отримувати зображення поверхні зразка з роздільною здатністю до кількох нанометрів. Зображення, які отримують в скануючому електронному мікроскопі, виглядають трьохмірними і зручними для вивчення структури поверхні. Додаткові методи дозволяють отримувати інформацію про елементний склад поверхні.

Сигнали цих променів детектуються і направляються на синхронізовану скануючу розгортку монітора, утворюючи зображення поверхні в різних режимах променів. Ширина скануючої зони визначає величину збільшення зображення. Крім вторинних та пружно-відбитих променів аналізуються ще інші сигнали від інших детекторів, які знаходяться навколо камери мікроскопа.

В залежності від механізму реєстрації сигналу розрізняють декілька режимів роботи скануючого електронного мікроскопа: режим вторинних електронів, режим відбитих електронів, режим катодолюмінісценції і т.д, рисунок 2.3.

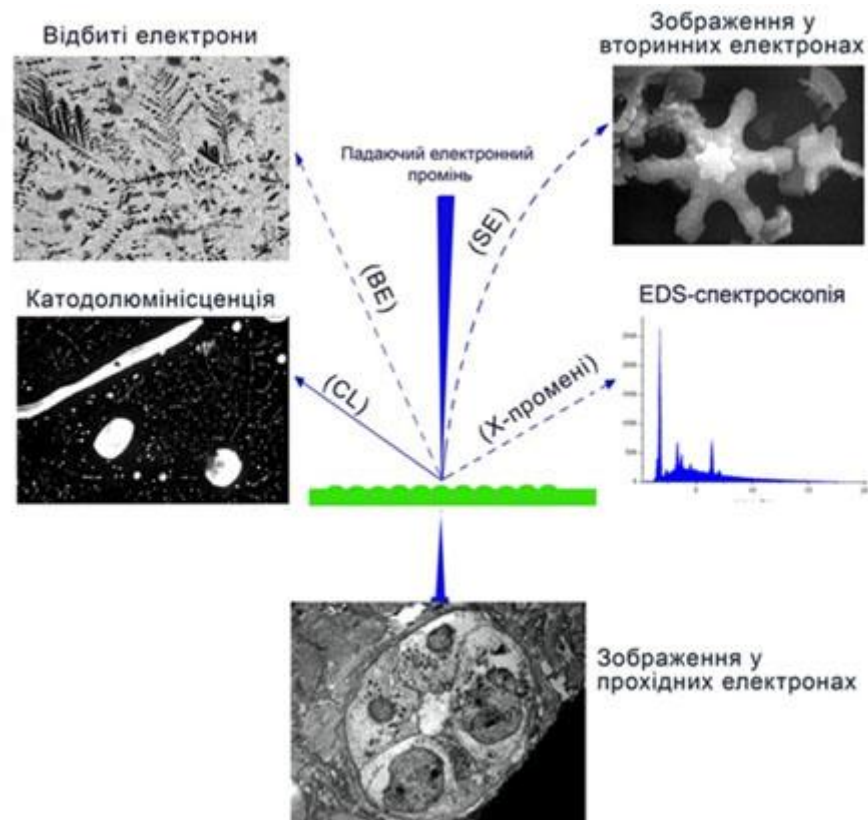


Рисунок 2.3 – Режим реєстрації сигналів у скануючому електронному мікроскопі [18]

Вторинні електрони (secondary electrons, SE) за своєю природою є низько-енергетичними (<50 eV), виходять з приповерхневого шару зразка товщиною до 10 нм під дією падаючого високоенергетичного електронного променя (2 - 30) кеВ. Інтенсивність емітованих вторинних електронів залежить від хімічного складу поверхні і від морфології (будови і структури) поверхні.

Пружно-відбиті електрони (back-scattered, BE) є відбитими від поверхні електрони, мають приблизно таку ж енергію що і падаючі електрони. Порівняно з вторинними пружно-відбиті електрони дозволяють отримати інформацію про більш глибокі шари зразка (до кількох мікрометрів). Пружно-відбиті електрони дозволяють отримувати контрастну картину композиційного складу (середнього атомного номера) та топографічне зображення. Ці зображення одержують при допомозі спеціальних детекторів та методик.

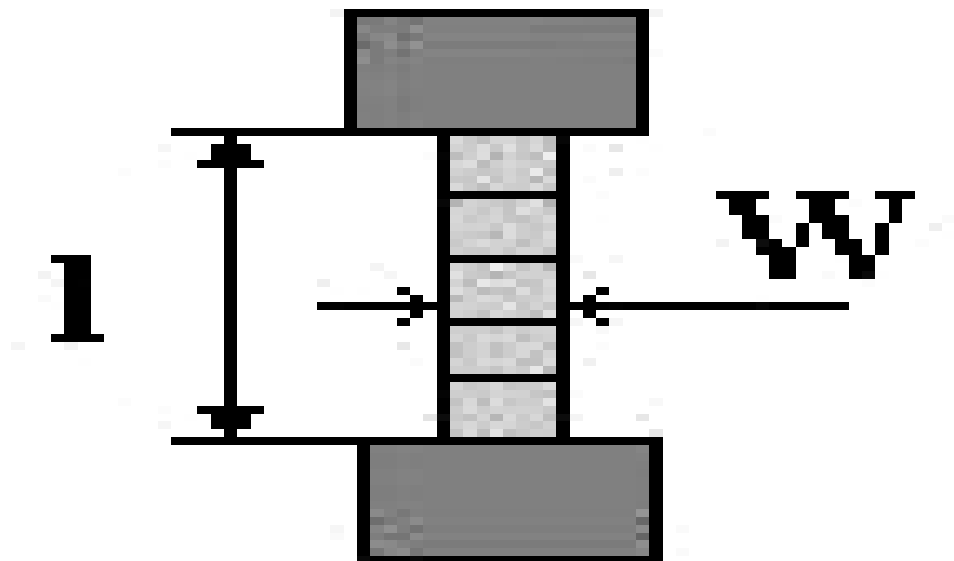
Явище катодолумінесценції теж можна досліджувати в скануючій

електронній мікроскопії, оскільки в певного класу матеріалів виникає свічення у видимій області під дією падаючого електронного променя. Катодолюмінісценція особливо є ефективною при дослідженнях люмінесцентних матеріалів.

Мікрозонд, або рентгеноспектральний мікроаналіз – метод визначення елементного складу області поверхні речовини. Суть методу полягає у якісному та кількісному аналізі спектрів рентгенівського випромінювання речовини внаслідок бомбардування останньої електронним променем (зондом) електронного скануючого мікроскопа, реєструючи характеристичне та гальмівне рентгенівське випромінювання. Це можуть бути як якісні так і кількісні вимірювання з реєстрацією домішок з чутливістю (0,1-0,01) % по масі. Абсолютна чутливість лежить в межах (10^{-12} - 10^{-16}) г при контролі локальних областей розміром (1-2) мкм [20].

2.2.3 Резистометрія

Тонкоплівкові елементи створюються напиленням металевих плівок в вакуумі. На рис. 2.4 як приклад представлений тонкоплівковий резистор.



ℓ - довжина провідника, W - ширина провідника

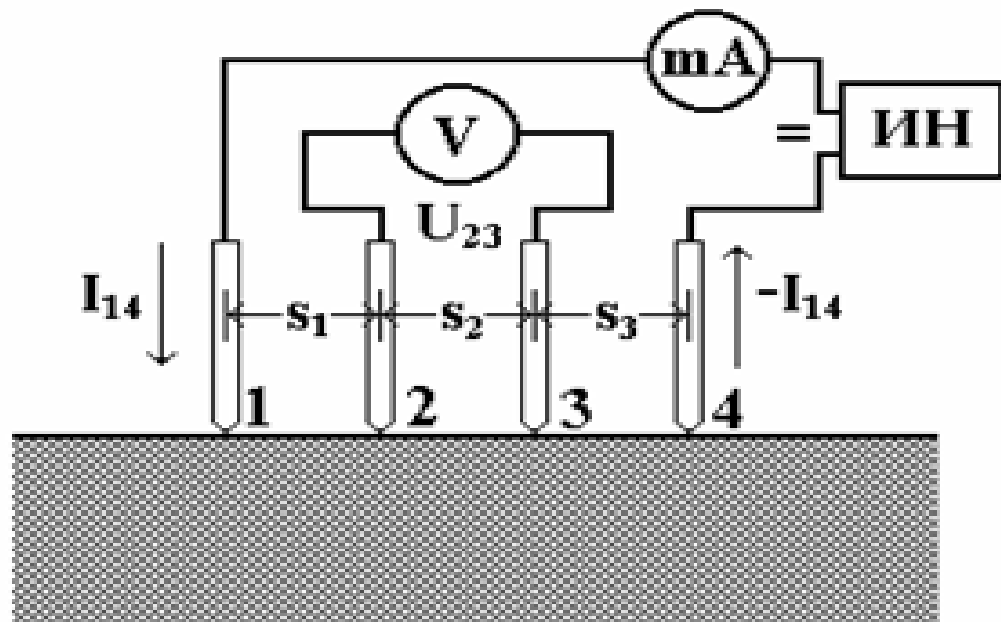
Рисунок 2.4 – Тонкоплівковий провідник [19]

Для вимірювання питомого електроопору будь-якого провідника або металевої тонкої плівки, коли опір зразка порівнянню по величині з опором в контактах, застосовують метод чотирьох зондів.

Чотирьохзондовим метод вимірювання питомого опору є найпоширенішим. Перевага цього методу полягає в тому, що опір зони контакту щупа з зразком не має істотного значення при виконанні вимірювань (внутрішній опір вольтметра набагато вище опору зразок-контактний зонд), можливо вимір питомого опору зразків найрізноманітнішої форми і розмірів. Умовою його застосування з точки зору форми зразка є:

- наявність плоскої поверхні;
- лінійні розміри зразка (в тому числі і його товщина) повинні перевершувати лінійні розміри системи зондів.

Схема вимірювання опору чотирьохзондовим методом представлена на рис. 2.5. На плоскій поверхні зразка вздовж прямої лінії розміщені чотири металевих зонда з малою площею зіткнення.



ИН – джерело постійної напруги; V – вольтметр;

mA –амперметр

Рисунок 2.5 – Електрична схема вимірювання [19]

Відстані між зондами позначені як s_1 , s_2 і s_3 .

Через зовнішні зонди 1 і 4 пропускають електричний струм I_{14} , на внутрішніх зондах 2 і 3 вимірюють різницю потенціалів U_{23} . За вимірним значенням I_{14} і U_{23} можна визначити опір зразка R .

Вимірювання проводять на тестових структурах (рис. 2.6), які спеціально для цієї мети отримують.

Через два крайніх зонда пропускають струм I , величина якого задається за допомогою магазину опорів, через два внутрішніх зонда вимірюється падіння напруга U на тій ділянці зразка, до якого вони підведені.

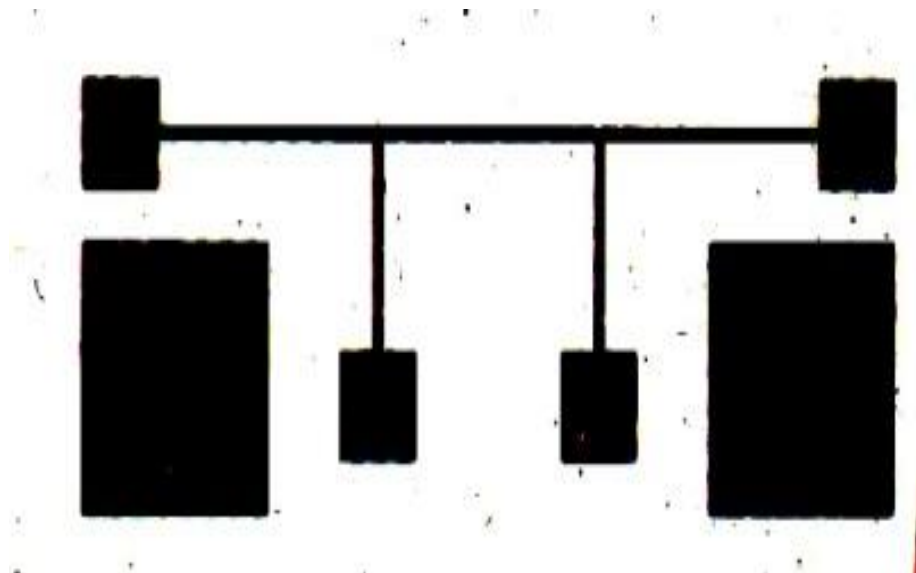


Рисунок 2.6 – Тестова тонкоплівкова структура [19]

Електроопір обчислюють за формулою

$$R = \frac{U_{2-3}}{I_{1-4}}, \quad (2.1)$$

де U_{2-3} - свідчення вольтметра на щупах 2 і 3;

I - сила струму через досліджуване опір, вимірний амперметром на щупах 1 і 4.

Знаючи геометричні параметри тестової структури можна обчислити питомий електроопір зразка ρ :

$$\rho = R \cdot S / L \quad \rho = R \times S / L, \quad (2.2)$$

де R - електроопір зразка;

L - відстань між внутрішніми зондами, прийняте за довжину токопроводящей частини зразка;

S - площа поперечного перерізу струмопровідної частини зразка.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Застосування методу дифракції електронів високої енергії, який реалізується в приладі ЕМР-100, дозволяє ефективно дослідити перебіг процесу окиснення плівок хрому.

2. Аналіз структурних перетворень може бути успішно виконано з застосуванням методу трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ).

3. Метод 4-зондової резистрометрії може бути ефективно застосований в якості експрес аналізу ступіня окисдування плівки хрому.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Дослідження структури плівок хрому

На рисунку 3.1 зображена електронограма плівки хрому до проведення відпалу.

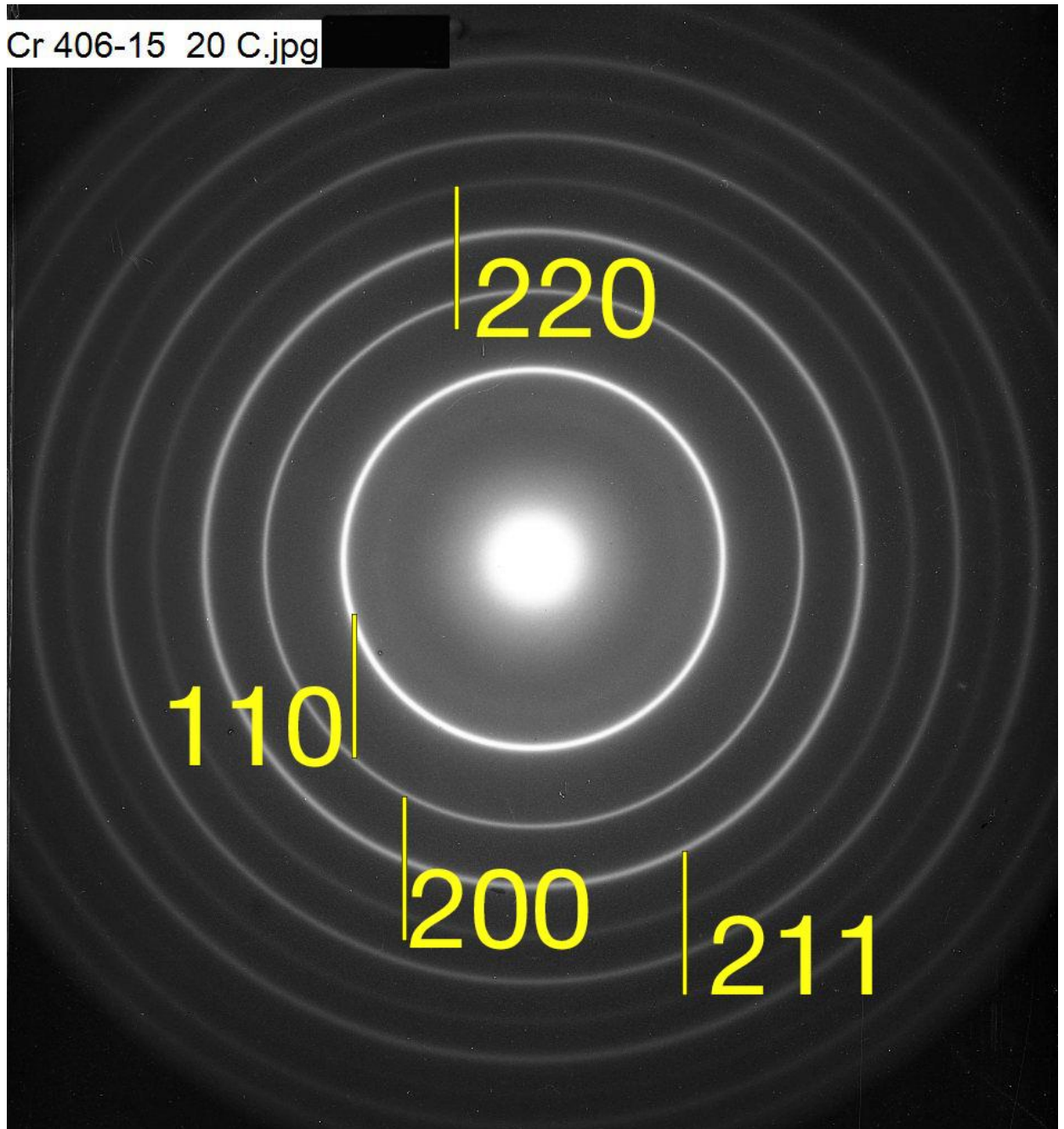


Рисунок 3.1 – Вихідний стан плівки хрому

На рисунку 3.2 зображена електронограма плівки хрому після проведення відпалу за температури 790 °C.

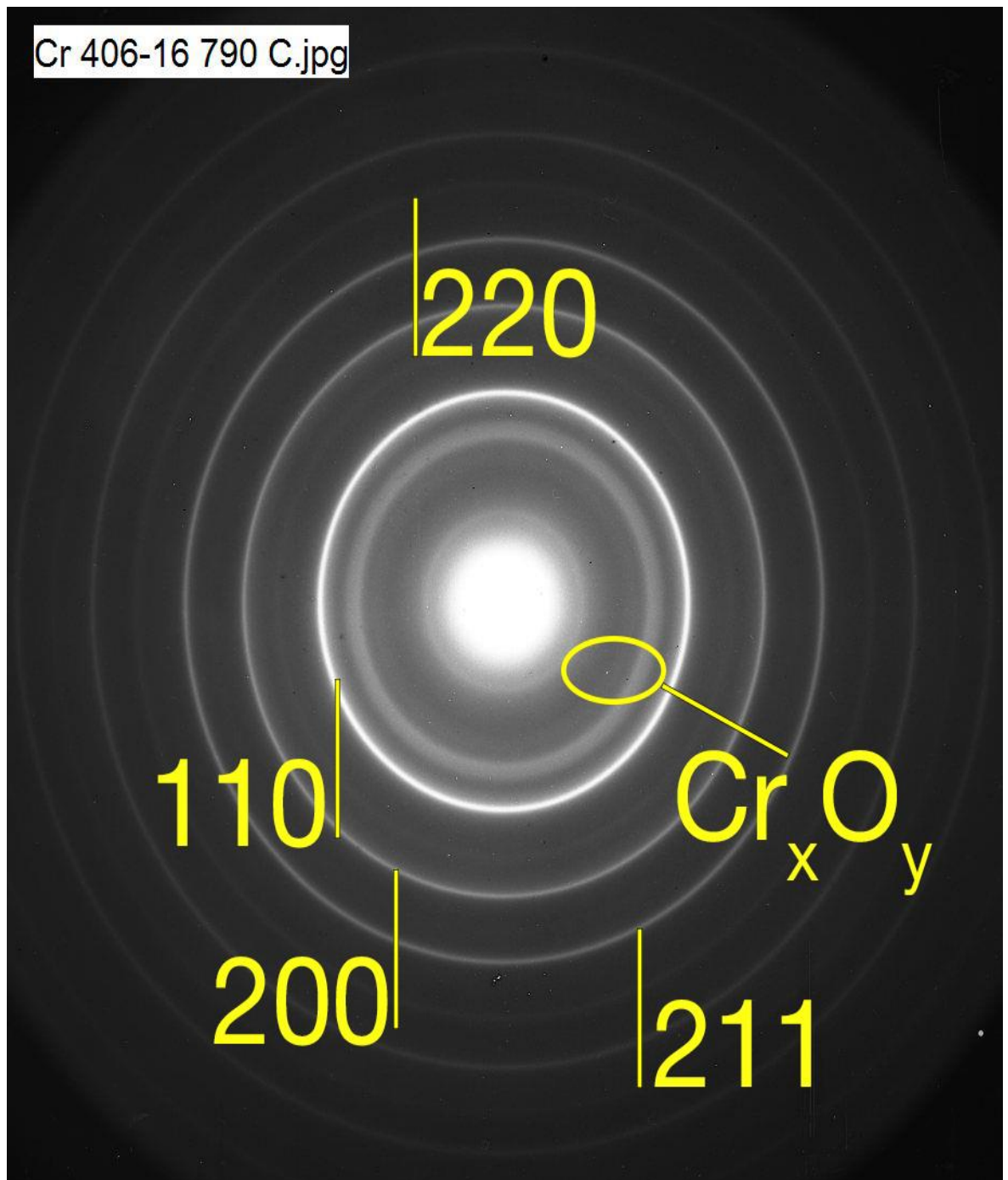


Рисунок 3.2 – Електронограма плівки хрому за температури 790 °C

На рисунку 3.3 зображена електронограма плівки хрому після проведення відпалу за температури 853 °C.

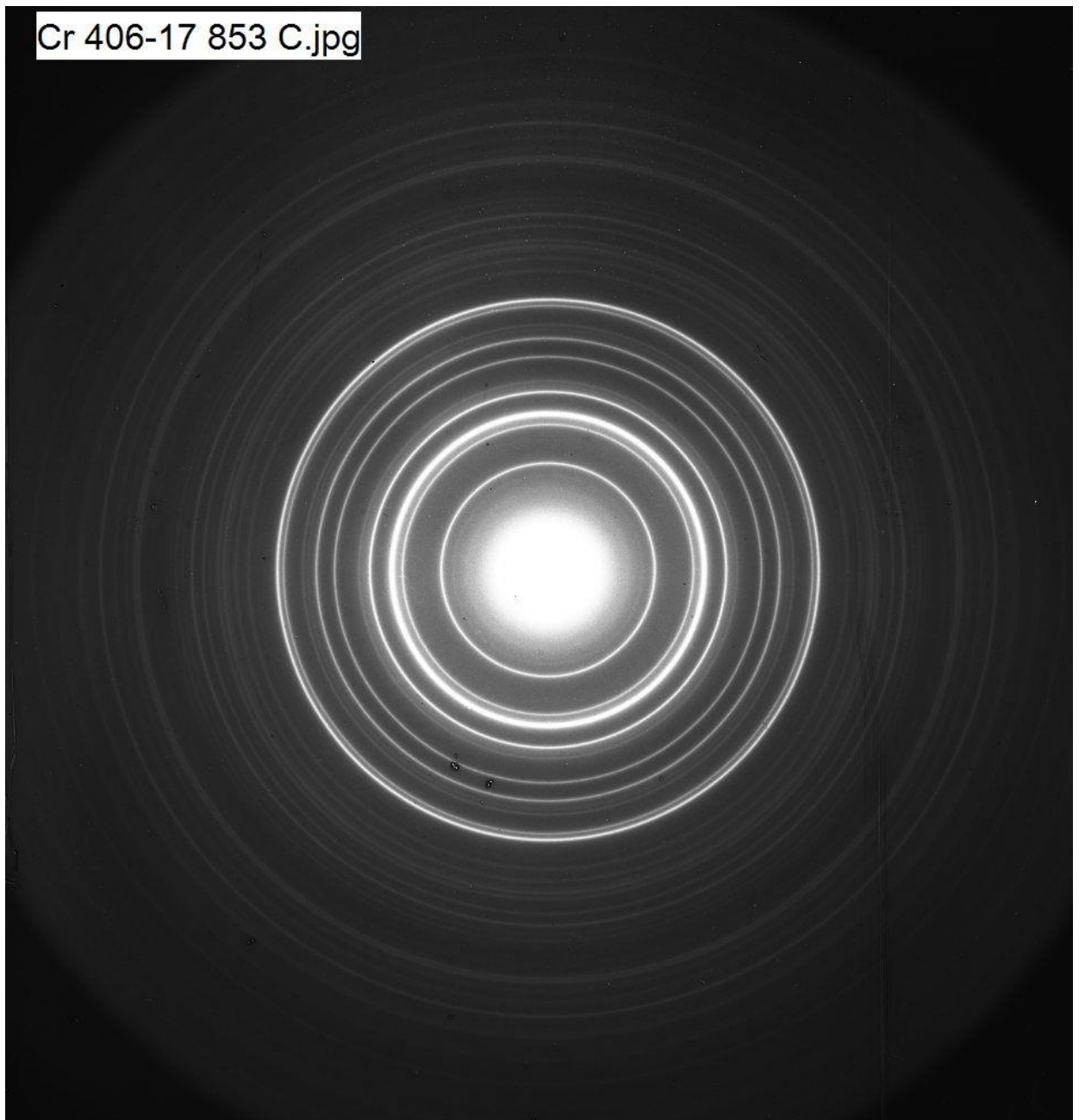
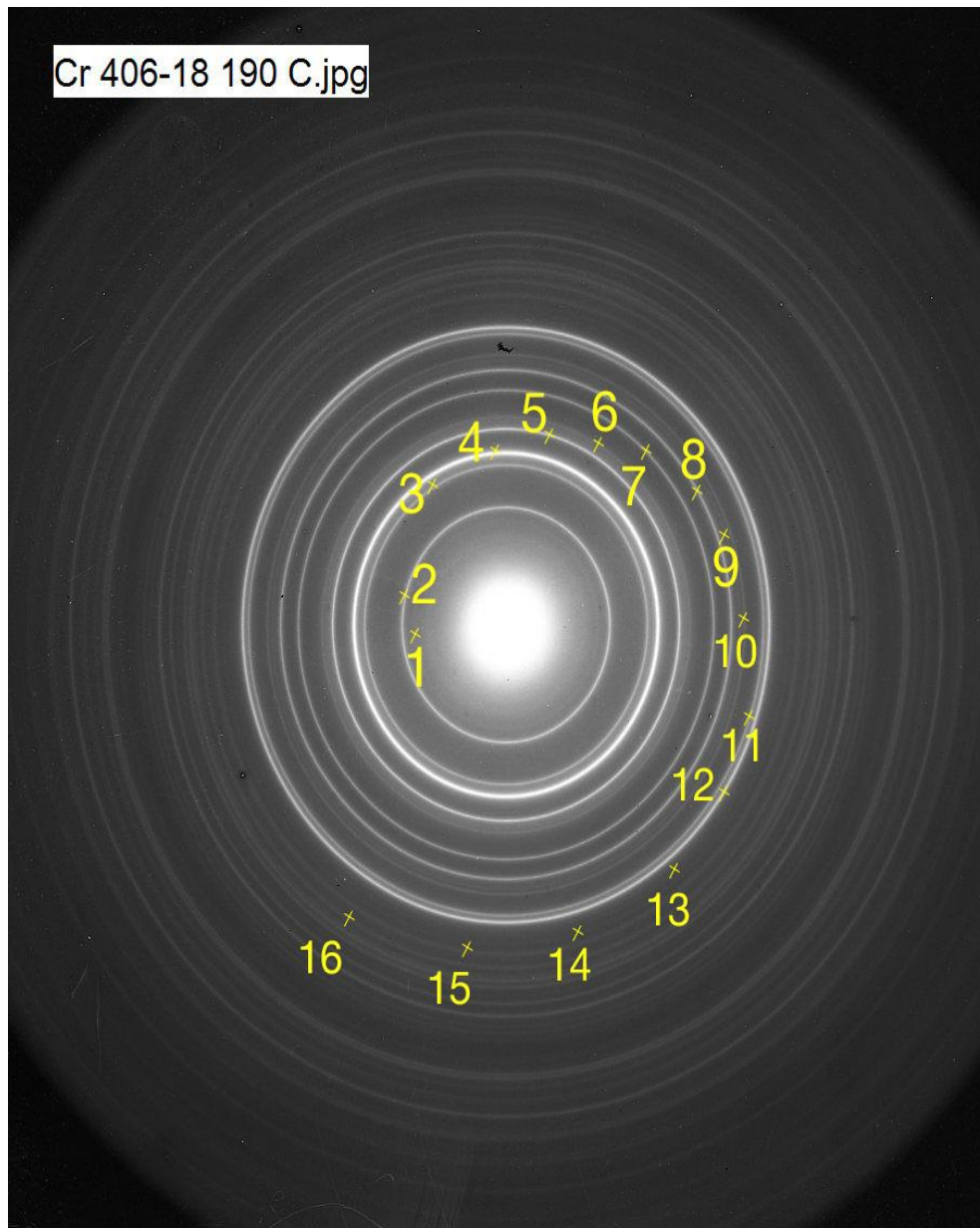


Рисунок 3.3 – Плівка хрому за температури відпалу 853 °C (домінуюча фаза Cr_2O_3)

На рисунку 3.4 зображена електронограма плівки хрому після проведення відпалу за температури 900 °C (електронограма отримана при температурі 190 °C, домінуюча фаза Cr_2O_3).



№	hkl
2	[012]
3	[104]
4	[110]
5	[113]
6	[202]
7	[024]
8	[116]
9	[211]
10	[018]
11	[214]
12	[300]
13	[119]
14	[220]
15	[223]
16	[312]

Рисунок 3.4 – Плівка хрому після відпалу до 900 °С

На рисунку 3.5 зображена мікроструктура плівки хрому до відпалу. (розмір зерен 5 – 10 нм)

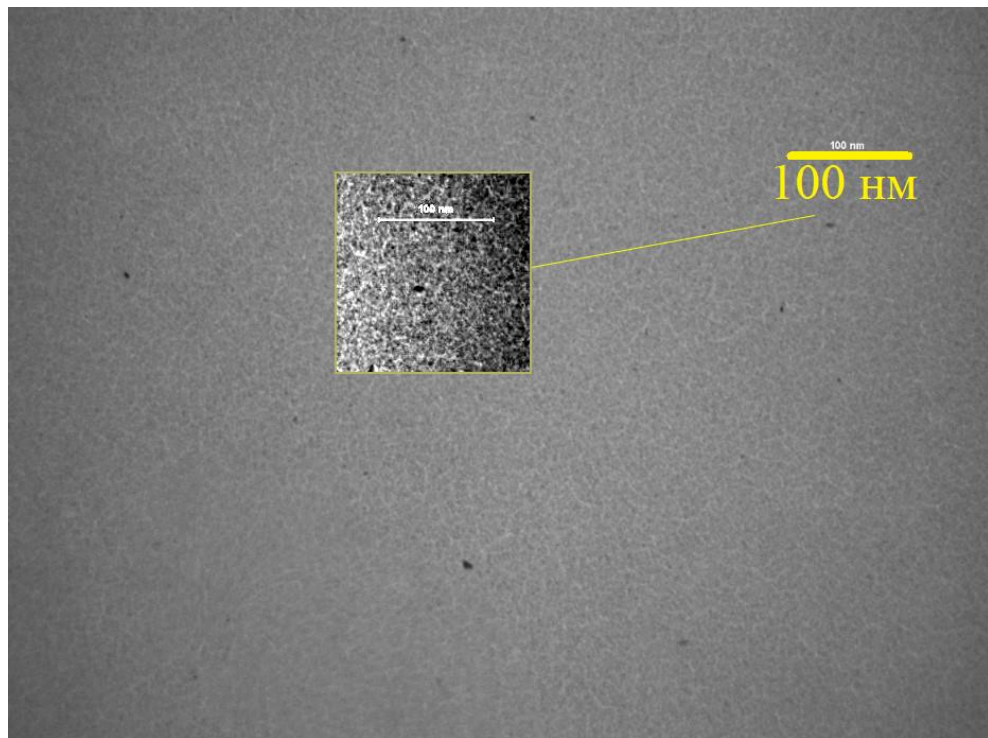


Рисунок 3.5 – Мікроструктура плівки хрому до відпалу

На рисунку 3.6 зображена мікроструктура плівки хрому після відпалу, розмір зерен > 1 мкм, спостерігаються дифракційні явища зумовлені монокристалічністю окремих великих зерен

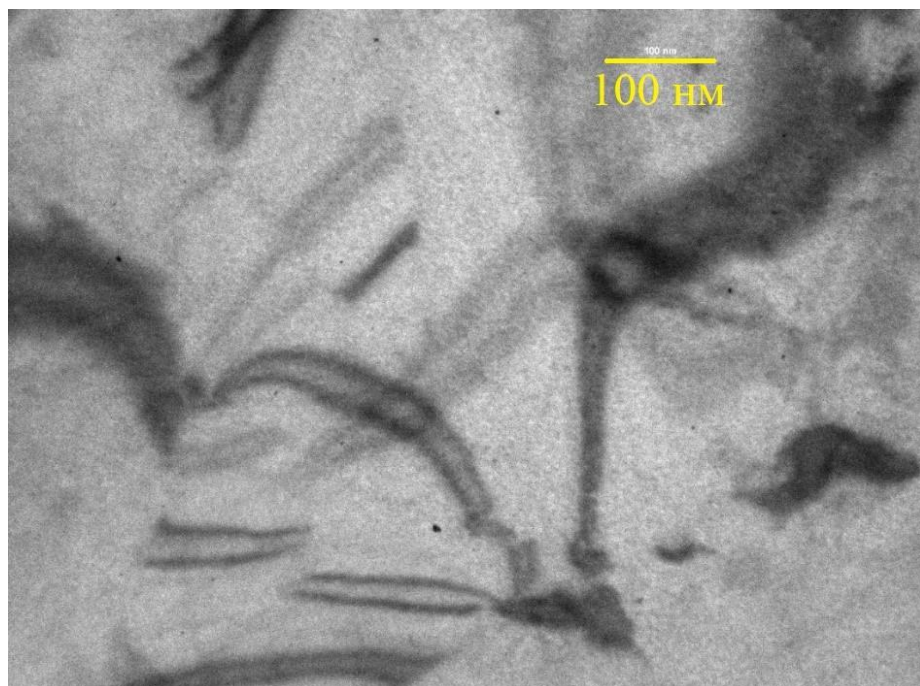


Рисунок 3.6 – Плівка хрому після відпалу

На рисунку 3.7 зображена мікроелектронограма плівки хрому після відпалу.



Рисунок 3.7 – Мікроелектронограма плівки хрому після відпалу

Електронографічні дослідження свідчать, що під час відпалу плівок хрому у вакуумі (10-20) мПа, при нагріві до температури 900 °С плівка поступово переходить до стану оксиду, що відповідає стехіометричному складу Cr_2O_3 , при цьому відбувається зміна дрібнокристалічної будови плівки на вельми крупнозернисту, в якій розмір зерен перевищує 1 мкм.

Слід відзначити, що початок процесу оксидоутворення починається з температури 610 °С, яку за браком інтерференційних рефлексів ідентифікувати не має змоги.

На рисунку 3.8 зображені результати резистометрії плівки хрому товщиною 300 нм.

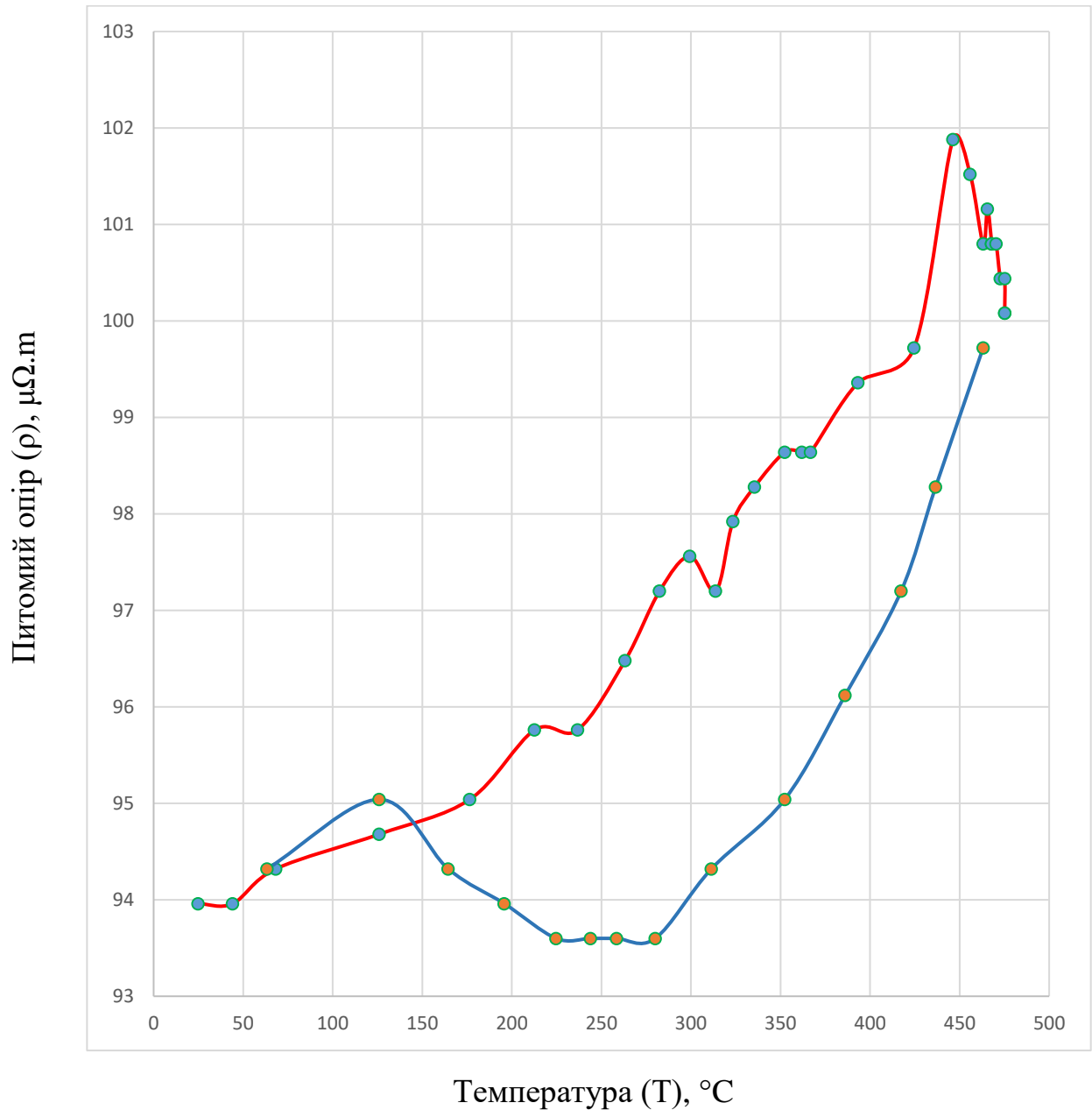


Рисунок 3.8 – Результати резистометрії плівки хрому товщиною 300 нм.

3.2 Висновки до розділу 3

1. Отримані вакуумним конденсаванням хрому на сетлових підкладках та на монокристалі NaCl

2. Отримані зразки для дослідження вакуумно-сконденсованих плівок хрому методами електронографії та електронної мікроскопії.

3. Підготовлені зразки хрому осаджені на ґеталові підкладинки для виміру питомого електричного опору для відпалу у вакуумі

4. Показано, що процес інтенсивного окислення хрому при відпалі у вакуумі 10^{-2} Па, починається за температури 610 °C у продовж першої хвилини витримки (за даними відпалу Institute Electronography)

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Умови виконання науково-дослідної роботи повинні гарантувати безпечні умови праці інженера-дослідника. Сучасні методи дослідження обладнання наукових лабораторій повинні виключати можливість травмування робітників, створювати нормальні умови праці та усувати вплив шкідливих факторів, що призводять до виникнення професійних хвороб. Правильний розрахунок і організація заходів по усуненню дії шкідливих факторів на організм людини є одними з основних елементів, які повинні розроблятися в першу чергу виконання науково-дослідної роботи, оскільки від цього залежать здоров'я та ефективність роботи персоналу.

Метою цього розділу є аналіз шкідливих та небезпечних факторів, при яких виникає небезпека ураження організму, умов, що можуть привести до травмування під час дослідження процесів фазоутворення в плівках хрому, а також розробка заходів спрямованих на усунення цих факторів та безпеку в надзвичайних ситуаціях.

Під час виконання дипломної роботи є потенційна небезпека отримання таких видів травмування: електричні, механічні (удари, порізи) ураження, радіаційне опромінення.

4.1 Аналіз параметрів приміщення лабораторії

Науково-дослідна робота виконувалась на кафедрі фізико-технічних технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського в корпусі № 19, на 4 поверсі у лабораторії електронографії № 403. Схематичне зображення лабораторії, а також розташування всіх елементів представлено на рис. 4.1. Було проведено вимірювання приміщення лабораторії та вікон:

- розміри лабораторії: ширина – 6 м., довжина – 8 м., висота – 3,8 м;
- розміри вікон: ширина – 2,7 м., висота – 2,5 м;

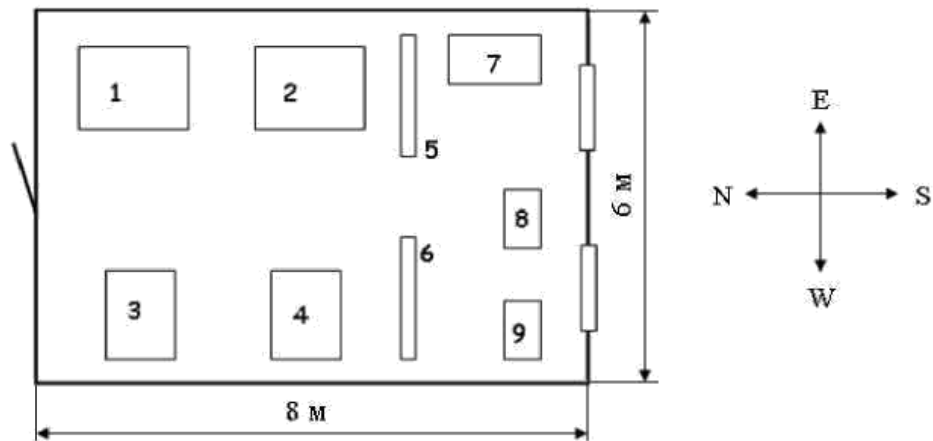


Рисунок 4.1 – Схема лабораторії, в якій проводилися дослідження

Приміщення, в якому виконувалася НДР має наступні установки:

- 1) електронограф ЕМР-100;
- 2) електронний мікроскоп ЕМВ-100Л;
- 3) вакуумний універсальний пост ВУП-5М;
- 4) шафа для інструментів;
- 5) книжкова шафа;
- 6) стіл письмовий;
- 7) комп'ютер;
- 8) комп'ютер.

Лабораторія має площу 48 м^2 , об'єм становить 182 м^3 . Приміщення, в якому виконувалась НДР, має три робочі місця. Площа, яка приходить на одну людину, складає 16 м^2 , об'єм приблизно становить $60,7 \text{ м}^3$, що відповідає нормам ДСН 3.3.2-007-98 [67].

Вагоме значення для нормальної працездатності людини має чисте повітря необхідного хімічного складу і оптимальної температури, вологості та швидкості руху повітря, тому виконання НДР супроводжувалося дослідженням мікроклімату в приміщенні лабораторії.

Для забезпечення оптимального мікроклімату встановлюють оптимальні та допустимі температуру, вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні в

залежності від пори року та категорії важкості робіт згідно з “Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень” ДСН 3.3.6.042-99 [32]. Розрізняють категорії робіт за важкістю: Легка Іа, Легка Іб, Середньої важкості Іа, Середньої важкості Іб, Важка ІІІ.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 категорія важкості робіт – Іб. Ця категорія містить легкі фізичні роботи до 150 ккал/год, які супроводжуються деяким фізичним навантаженням та створюють передумови для високого рівня працездатності. Підтримання необхідного рівня параметрів мікроклімату забезпечується за допомогою водяного опалення в холодну пору року та провітрюванням приміщення шляхом природного повітрообміну в теплу пору року [32]. Результати дослідження та нормовані величини параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення лабораторії № 403 наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Мікроклімат лабораторії та ДСН 3.3.6.042-99 для категорії важкості робіт Іб

Період Року 1	Температура повітря, °С 2		Відносна вологість, % 3		Швидкість руху повітря, м/м 4		Опале- ння 5	Венти- ляція 6
	Вимі- ряна 7	Допу- стима 8	Вимі- ряна 9	Допу- стима 10	Вимі- Ряна 11	Допу- стима 12		
Холо- дний	22	20-24	65	<75	0,17	<0,2	Во- дяне	Приро- дна

Продовження таблиці 4.1

1	2		3		4		5	6
	7	8	9	10	11	12		
Теплий	26	21-28	55	55 при 28 °С; 60 при 27 °С; 65 при 26 °С; 70 при 25 °С; 75 при 24 °С і нижче	0,20	0,1...0,3		Природна

На основі вище написаного можна зробити висновок, що мікроклімат в лабораторії 403 відповідає допустимим вимогам санітарних норм, за винятком

4.2 Аналіз освітленості приміщення лабораторії

Правильно підібране освітлення надає нормальні умови для організації робочого процесу. Залежно від джерела світла виробниче освітлення буває: природним, штучним чи суміщеним. Недостатнє за нормами природне освітлення доповнюються штучним. Природне в свою чергу поділяється на бічне, верхнє та комбіноване. Штучне – загальне та місцеве.

Нормуються всі види освітлення за характеристикою зорової роботи відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 [29].

Переваги природного освітлення: сприятливо впливає на органи зору та покращує розвиток організму у цілому. Недоліки: непостійне освітлення у різні періоди доби та року; нерівномірний розподіл освітленості по площі виробничого приміщення; можливість засліплення органів зору [30]. Недостатня або надмірна освітленість можуть стати причиною розвитку короткозорості, зниження гостроти зору [31].

У лабораторії № 403 використовується система суміщеного освітлення – освітлення, при якому в світлий час доби використовується природне бокове та штучне освітлення. Висота верху вікна відносно підлоги дорівнює 3,15 м.

Умовна робоча поверхня дорівнює 0,8 м від підлоги. Недостатнє, за умовами зорової роботи, природне освітлення доповнюється штучним, яке задовольняє ДБН В.2.5-28 2006. Для місцевого освітлення використовуються лампи розжарювання, яких у лабораторії 3, для загального освітлення – люмінесцентні ЛБ-40 (14 одиниць).

Освітлення, яке забезпечує нормальні зорові роботи, є важливим фактором для проведення НДР, оскільки при недостатньому освітленні підвищується втомленість, а це негативно впливає на здоров'я людини.

При правильно підбраному освітленні створюються нормальні умови для організації робочого процесу.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 норма освітлення становить не менше 300 лк, у випадку, якщо характеристика зорової роботи дуже високої точності (розряд II, підрозряд б), а система освітлення комбінованого типу, тому можна зробити висновок, що дані умови в приміщенні відповідають ДБН В.2.5-28-2006 та не впливають негативно на здоров'я людини.

4.3 Випромінювання від комп'ютера

Для попередження соматичних та генетичних наслідків встановлені норми потужність експозиційної дози НРВ в будь-якій точці простору на відстані 5 см від корпусу установки не повинна перевищувати 0,07 мкР/с при робочому тижні 41 год. Враховуючи, що робота більшою частиною проводиться за ЕОМ, запропоновано, щоб час роботи за монітором не перевищував 4 години за зміну, з технологічними перервами.

4.4 Аналіз рівня шуму та вібрацій

Шум – це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, що виникають в результаті ковалентного руху частинок у пружному середовищі.

Це один із видів звуку, який називають «небажаним» звуком. Основними фізичними характеристиками звуку є:

- частота f (Гц);

- звуковий тиск P (Па);
- інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²);
- звукова потужність (Вт).

Зниження впливу шуму на організм людини досягається такими методами:

- зменшення шуму у джерелах їхнього утворення;
- ізоляцією джерел шуму засобами звуко- та віброізоляції;
- звуко- та вібропоглинання;
- архітектурно-планувальними рішеннями, що передбачають раціональне розміщення технологічного устаткування, машин та механізмів;
- акустичним опрацюванням помешкань, застосуванням засобів індивідуального захисту.

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. Для людини вібрація є видом механічного впливу, який має негативні наслідки для організму. Під впливом інтенсивної вібрації (особливо локальної), в організмі людини відбуваються функціональні зміни окремих систем і регуляторної функції центральної нервової системи. Вібрація викликає появу вібраційної хвороби, що може призвести до втрати працездатності [31]. За часовою характеристикою шум відноситься до непостійного – рівень звуку за робочий день змінюється. У лабораторії джерелом шуму та вібрацій є вакуумна установка.

Показники шумового навантаження знаходяться в межах норми, тому ніяких засобів захисту використовувати не потрібно [32].

Показники вібраційного навантаження на оператора в межах робочого місця (зони) під час роботи машини не перевищують санітарних норм, приведених в ДСН 3.3.6.0.37-99 [33] для загальної вібрації категорії 3 тип «а».

4.5 Електронебезпека

Відповідно до діючих правил побудови електричних пристроїв ПУЕ - 86 [34] приміщення лабораторії за небезпекою електротравм відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки. Це сухі приміщення з оптимальною температурою повітря (18–25) °С та струмонепровідною підлогою. Електропристрої, використані для виконання даної науково-дослідної роботи живляться напругою 220 В (вакуумний універсальний пост ВУП-5М) та 380 В (електронограф ЕМР-100) з частотою 50 Гц.

Причинами ураження електричним струмом під час виконання трудового процесу є:

- пошкодження ізоляції (наприклад, розплавлений метал) та, як наслідок, доступність до струмоведучих частин обладнання;
- поява напруги на відключених струмоведучих частинах внаслідок помилкового включення установки;
- невиконання або неправильне виконання вимог техніки електробезпеки, неуважність при роботі.

Вплив електричного струму на організм може мати небезпечні для здоров'я людини наслідки і навіть привести до смерті. Імовірність смертельного результату при поразці електричним струмом вище, ніж при інших причинах травматизму [35].

Основні чинники електричного характеру – це величина струму, що проходить крізь людину, напруга, під яку вона потрапляє, та опір її тіла, рід і частота струму. Гранично допустимий струм через людину при нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки не повинен перевищувати 0,3 мА для змінного струму і 1 мА для постійного [35].

На тяжкість ураження струмом впливають такі фактори [36]:

- вплив стану шкіряного шару (порізи, подряпини, зволоження, збільшене потовиділення, забруднення шкіряного шару можуть призвести до значного зменшення загального опору тіла людини електричному струму);

– вплив параметрів електричного струму (постійний чи змінний струм, величина електричного струму).

Небезпека для організму людини тим менша, чим менша тривалість впливу струму.

Основними чинниками неелектричного характеру є шлях струму через людину, індивідуальні особливості та стан організму людини, тривалість дії струму, раптовості і непередбачуваності дії струму.

Шлях струму через тіло людини суттєво впливає на тяжкість ураження. Особливо небезпечно, коли струм проходить через життєво важливі органи і безпосередньо на них впливає. Якщо струм не проходить через життєво важливі органи, то він може впливати на них тільки рефлекторно – через центральну нервову систему, а вірогідність ураження цих органів менша. До індивідуальних особливостей організму, які впливають на тяжкість ураження електричним струмом при інших незмінних чинниках належать: чутливість організму до дії струму, психічні особливості та риси характеру людини.

Чинниками виробничого середовища, які впливають на небезпеку ураження людини електричним струмом, є температура повітря в приміщенні (що впродовж доби перевищує 35 °С), вологість повітря (більша 75 %), запиленість повітря, наявність у повітрі хімічно-активних домішок тощо.

Із підвищенням температури повітря посилюється потовиділення, зволожується одяг. Це призводить до зниження опору на ділянці включення людини в електричну мережу. Підвищення вологості знижує опір ізоляції електроустановок, що є одним із важливих чинників електробезпеки [37].

Поява напруги на не струмопровідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус.

У лабораторії, де проводилися дослідження, правильно виконане захисне заземлення корпусів, електроустаткування і приладів. Розташування робочих місць таке, що виключається можливість одночасного доторкання до корпусів, електроустаткування і приладів, відповідно до джерела.

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації класифікують за характером походження, ступенем поширення, розміром людський втрат та матеріальних збитків

Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій, визначають такі їх види:

- 1) техногенного характеру;
- 2) природного характеру;
- 3) соціальні;
- 4) воєнні.

Залежно від обсягів заподіяних надзвичайною ситуацією наслідків, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для ліквідації, визначаються такі рівні надзвичайних ситуацій:

- 1) державний;
- 2) регіональний;
- 3) місцевий;
- 4) об'єктовий [38].

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями» від 24 березня 2004 року № 368 для визначення рівня надзвичайної ситуації встановлюються такі критерії:

- 1) територіальне поширення та обсяги технічних і матеріальних ресурсів, що необхідні для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;
- 2) кількість людей, які в наслідок дії уражальних чинників джерела надзвичайної ситуації загинули або постраждали, або нормальні умови життєдіяльності яких порушено;
- 3) розмір збитків, завданих уражальними чинниками джерела надзвичайної ситуації, розраховується відповідно до Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного природного характеру [39].

Основними завданнями єдиної державної системи цивільного захисту є:

- 1) забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- 2) забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- 3) навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- 4) виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- 5) опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- 6) прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- 7) створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- 8) оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;
- 9) захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- 10) проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;

11) пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;

12) здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;

13) реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;

14) інші завдання, визначені законом.

Режими функціонування єдиної державної системи залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації наступні:

- 1) повсякденного функціонування;
- 2) підвищеної готовності;
- 3) надзвичайної ситуації;
- 4) надзвичайного стану.

У разі виникнення надзвичайної ситуації за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій

для єдиної державної системи цивільного захисту у повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим надзвичайної ситуації.

Режим надзвичайного стану для єдиної державної системи цивільного захисту у повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється у межах території, на якій введено правовий режим надзвичайного стану відповідно до Закону України "Про правовий режим надзвичайного стану" [40].

Виникнення пожежі у лабораторії можливе внаслідок:

- 1) порушення правил протипожежної безпеки;
- 2) ремонт устаткування;
- 3) конструктивні недоліки устаткування;

- 4) неправильне користування устаткування;
- 5) несправність електроустаткування.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації, зокрема закорочення кабельної електропроводки, що знаходиться під напругою та іскрить слід:

- відключити подачу струму;
- сповістити про пожежу за допомогою пожежної сигналізації;
- спробувати знешкодити розповсюдження полум'я;
- гасити полум'я необхідно вогнегасниками типу ВВ-2, ВВ-8, а також піском;
- евакуюватися в безпечні приміщення або на двір.

План евакуації в разі виникнення пожежі наведено на рис. 4.2.

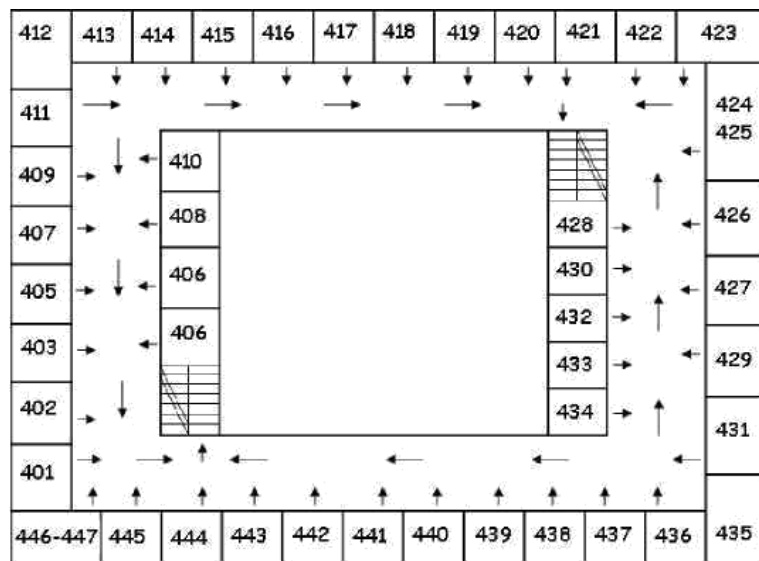


Рисунок 4.2 – План евакуації під час пожежі

4.6.1 Пожежна безпека

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за яким з регламентованою імовірністю виключається виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей [41].

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [42] лабораторія за пожежною безпекою належить до категорії В, тому що в ній знаходяться горючі та важкогорючі матеріали.

Виникнення пожеж у лабораторії можливо за наступних причин:

- порушення технологічного режиму;
- несправність електроустаткування;
- необережне звертання з вогнем;
- ремонт устаткування на ходу;
- неправильне користування устаткуванням.

Для запобігання пожеж необхідно виключити перераховані недоліки і строго дотримуватись правил протипожежної безпеки, усунути умови виникнення та мінімізувати її наслідки.

У випадку пожежі у лабораторії можуть горіти: електроустановка та їхня у проводка, паркет та штори, шафи та паперові документи, що знаходяться в них. У випадку пожежі на електроустановці, що знаходиться під напругою виникле полум'я не гаситься водою, а використовується вуглекислотний чи вуглекислотноброметиловий вогнегасник.

Відповідно до Наказу Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» лабораторія належать до об'єктів, які мають бути оснащені наступними переносними вогнегасниками: водяний вогнегасник (ВВ-9, ВВ-12), водопінний (ВВП-9, ВВП-12), порошковий (ВП-2, ВП-5, ВП-6, ВП-9, ВП-12).

У лабораторії є водопровід, вогнегасник вуглекислотноброметиловий ОУБ-3, а на сходових клітках і в коридорах шухляди з піском, вогнегасники, пожежні крани. Приміщення обладнане пожежною сигналізацією автоматичної дії комбінованого типу.

Система пожежної сигналізації – це сукупність технічних засобів, призначених для виявлення пожежі, обробки, передачі в заданому вигляді

повідомлення про пожежу, спеціальної інформації та (або) видачі команд на включення автоматичних установок пожежогасіння і включення виконавчих установок систем протидимного захисту, технологічного та інженерного обладнання, а також інших пристроїв протипожежного захисту [43].

4.6.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробією електричної напруги на корпус електродугового агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника дільниці.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити електродуговий агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити пострадалому штучне дихання.

У випадку загорання електродугового агрегату необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

- негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;
- приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на дільниці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);
- викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, дільниці).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника дільниці та звернутися в медпункт.

4.7 Висновки до розділу 4

1. Всі дослідження, які проводились згідно з планом, і не є джерелом забруднення виробничого середовища. Проведений аналіз шкідливих та

небезпечних факторів передбачає умови, за яких може виникнути небезпека ураження організму.

2. Запропоновано заходи для уникнення травмування в процесі підготовки та проведення експериментальних досліджень.

3. Мікроклімат, освітлення, організація робочого місця в лабораторії відповідають вимогам санітарних норм, а рівень шуму не перевищує допустимих норм

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Актуальність

Розроблені та описані тонкі плівки на основі хрому фізично можливо реалізувати, тому метою даного стартап проекту є визначення принципової можливості впровадження даного проекту на ринку, пошук можливих напрямків реалізації даного впровадження. Великого розповсюдження в мікроелектроніці особливого застосування отримали тонкоплівні мікросхеми, які є складовою об'ємних інтегральних схем. До переваг тонкоплівкової технології можна віднести розширення номінальних значень вимірювань деталей, отримання високої точності, стабільності в роботі та надійності в експлуатації.

5.2 Опис ідеї проекту

Ідея проекту заключається в пошуку методики отримання плівок хрому та подальшої їх обробки для забезпечення максимально стабільних властивостей, а також покращення температурно-часового відрізка збереження робочих характеристик мікроприладів (табл. 5.1).

В даному пункті необхідно послідовно проаналізувати певні аспекти: зміст ідеї (який пропонується); можливі напрямки вживання; головні вигоди, які користувач товару може отримати (в залежності від напрямку використання); що істотно відрізняється від реальних аналогів та замінників.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Виготовлення тонких плівок на основі хрому для захисту магнітного матеріалу в жорстких дисках	Електроніка та електротехніка	1) захист жорсткого диску від механічних пошкоджень; 2) захист магнітного матеріалу від впливу зовнішнього середовища 3) підвищення експлуатаційних характеристик (корозійна стійкість, зносостійкість, стійкість до високих температур)
	Інформаційні технології	

5.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін ідеї проекту наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Samsung	Western Digital	Dell			
1	Адаптованість до існуючого устаткування	Стандартна установка	Стандартна установка	Стандартна установка	Стандартна установка	N	N	
2	Собівартість	Середня	Середня	Середня	Середня	N		
3	Якість отриманого матеріалу	Середня	Висока	Висока	Висока	W		
4	Зносостійкість	Висока	Середня	Середня	Середня			S
5	Повторне використання відходів	Висока	Середня	Середня	Низька			S

Для даного стартап-проекту як потенційний товар виступає технологія отримання нанорозмірних плівок хрому щоб застосовувати в якості пасивних елементів електричних кіл – конденсаторів.

5.4 Технологічний аудит ідеї проекту

Щоб впровадити дані матеріали в промислове виробництво має місце завдання забезпечення доступності виробничого процесу. Наразі всі вказані та необхідні для реалізації ідеї проекту технології доступні (табл. 5.3). Про, для реалізації технології створення треба збільшити кількість установок для налагодження повноцінного виробництва.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Отримання нанорозмірних плівок хрому	Резистивне осадження	Наявна	Доступна
	Електронно-променеве осадження	Наявна	Доступна
	Відпал	Наявна	Доступна

5.5 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Вивчення базових можливостей, які є невід’ємною складовою ринкового провадження проекту, були вивчені ринкові загрози, що дозволяють спланувати напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища й потреб потенційних клієнтів [44].

Визначені потенційні групи клієнтів, їх характеристики та орієнтовний перелік вимог до товару наведені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Збільшення захисних властивостей магнітного покриття	Виробники жорстких дисків	Висококваліфікований персонал; новітня техніка та технології, які застосовуються; швидкість виконання робіт; післяпродажне обслуговування.	Якість, швидкість надання послуги

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Нестабільність політичної ситуації	Зменшення обсягів поставки чистого хрому	Знижує загальний потенціал прибутковості в галузі.
Зменшення попиту на ринку жорстких дисків	Зменшення продажу	Знижує загальний потенціал прибутковості в галузі.

Фактори та зміст можливостей, а також реакція компанії показані в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Ринок збуту	Сектор ІТ-який динамічно розвивається, створює додаткові можливості для реалізації проекту	Вихід на ІТ-ринок з пропозицією

Проводиться аналіз попиту за наступними критеріями: наявність попиту, обсягу, динаміки розвитку ринку. Проведений ступеневий аналіз конкуренції на ринку наведений у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища 1	У чому проявляється дана характеристика 2	Вплив діяльності підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною) 3
Тип конкуренції	Чиста. Товар не надто поширений на ринку	Товар відповідає заявленому, науковий ріст
За рівнем конкурентної боротьби:	Локальний. Враховуються інтереси клієнтів, рівень розвитку ринків	Визначається науково-технічними тенденціями
За галузевою ознакою:	Внутрішньогалузева. Ведеться в галузі науки	Треба зосередити зусилля на пошуку конкурентних переваг, які дозволять займати стійкі конкурентні позиції на даному ринку
Особливості конкурентного середовища	У чому проявляється дана характеристика	Вплив діяльності підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
За характером конкурентних переваг:	Цінова. При виборі продукції покупець звертає увагу на якісні характеристики (стабільні властивості, стійкість до високих температур)	Головною конкурентною перевагою є унікальність позиціонування

Продовження таблиці 5.7

1	2	3
	Нецінова. Для частки споживачів ціна є визначальною при виборі	
За інтенсивністю	Марочна	Диференціація залежно від характеристик та цілі застосування

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впроваджен-ня проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.8) на основі виділених ринкових загроз та можливостей [46].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів.

Таблиця 5.8 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
Висока термічна стабільність та зносостійкість покриття дозволили збільшити час експлуатації	Низька якість покриття нездатна забезпечити рівномірний захист жорсткого диску.
Можливості	Загрози
Можливість збільшення збуту завдяки виходу на ринок інформаційних технологій з пропозицією	Зменшення попиту на ринку та Нестабільність політичної ситуації можуть зменшувати привабливість для інвесторів.

5.6 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії полягає у виборі конкурентної поведінки (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів або збирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і як?	Стратегія конкретної поведінки
1	Даний проект не є «першопрохідцем»	Для підприємницької діяльності даного виду потрібно заволодіти клієнтів у вже існуючих конкурентів	Для запровадження даного виду діяльності підприємство має запровадити унікальні характеристики	Стратегія спеціалізації

5.7 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У таблиці 5.10 представлені підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.10 – Визначення ключових переваг концепції потенційного договору

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
	Тривалий термін експлуатації жорстких дисків	Стабільність властивостей, температурна стійкість, надійність	Менші затрати на підприємницьку діяльність

Задля розроблення маркетингової стратегії варто зробити опис трьох рівнів моделі послуги [45]. Послуга за задумом передбачає використання тонкоплівкових конденсаторів у інтегральних мікросхемах, що сприяє збільшенню терміну експлуатації та стабільності роботи.

Характеристики: товщина отриманого шару 50 нм. Перевага: стійкість до високих температур.

Важливим етапом у створенні стартап-проекту є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

У даному випадку варто звернутися як і до власного збуту (без посередників), так і до залученої системи збуту (з посередниками). Також при певних умовах підприємство може звернутися до таких збутових операцій, як кліринг (система безготівкових розрахунків за товари, цінні папери та послуги, що побудована на урахуванні взаємних зобов'язань та вимог).

При виборі програми збуту варто звернути увагу на те, що цільова аудиторія включає переважно осіб із середнім рівнем доходів. Одним з варіантів збуту може бути реклама в Інтернеті, банери та інші відносно недорогі види реклами.

5.8 Висновки до розділу 5

1. Проведений аналіз показав, що даний проект є перспективним і після додаткових досліджень наступним кроком до його реалізації є створення патенту на технологію виготовлення нанорозмірних плівок хрому в якості тонкоплівкових конденсаторів з їх подальшою реалізацією цільовим компаніям, які займаються виготовленням інтегральних мікросхем.

2. При аналізі ринку було виявлено, що перешкодами входження на нього можуть бути невіддале місцезнаходження, некваліфіковані працівники без

бажання впровадження нових технологій виготовлення та введення нових технологій конкурентами. З огляду на теперішній розвиток науки та техніки є підстави припускати, що зменшення попиту на дану послугу бути не повинно.

ВИСНОВКИ

1. Показана, з огляду на літературні дані, важливість дослідження утворення оксидів у хромі в різному за масштабом товщині стані, зокрема у вигляді тонких нанорозмірних шарів.

2. Встановлено, що найбільш інформативним методом дослідження оксидоутворення у тонких нанощарах хрому, є дифракція електронів високої енергії та трансмісійна електронна мікроскопія.

3. Попередні дослідження виконані в даній роботі свідчать про початок оксидоутворення в плівках хрому починаючи з $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ та закінчення оксидоутворення з появою Cr_2O_3 при орієнтовній температурі $853\text{ }^{\circ}\text{C}$ у вакуумі (10-20) мПа.

4. Резистометричні досліди плівки хрому в вакуумній установці ВУП-5 показали, що плівка має металічний характер провідності з характерним позитивним значенням ДКС. Відпал плівки в вакуумі не призводить до різкого спаду електроопору, як очікувалось би від вакуумних конденсатів. Значення питомого електроопору після відпалу приблизно співпадає з його початковим значенням, це може бути зумовлено тим, що той спад питомого електроопору, який спостерігається при витримки при температурі відпалу компенсується подальшим окисненням поверхні зразка при охолодженні, в цілому плівка показує задовільні якості по стійкості електрофізичних параметрів.

5. Питомий електроопір плівки хрому є значно вище значення приведенного в довідниках для хрому в масивному стані, а точніше $0,11 \cdot 10^{-6}\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Подібні відмінності в цілому характерні для вакуумних конденсатів тугоплавких матеріалів включаючи хром та обумовлено наявністю погано провідної фази сконцентрованої по границях зерен основної фази хрому. В процесі відпалу як показали дані електронної мікроскопії та електронографії, ці границі стають більш грубими, відбувається погрублення форми зерен, контакти між зернами в одних випадках мають металічну провідність, а в інших випадках спостерігаються обриви гальванічних контактів між зернами, В цілому

спад електроопору, який обумовлено відпалом дефектів кристалічної будови, компенсується погрубленням структури плівки та окисненням.

6. Всі дослідження, які проводились згідно з планом, і не є джерелом забруднення виробничого середовища. Проведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів передбачає умови, за яких може виникнути небезпека ураження організму

7. Проведений аналіз показав, що даний проект є перспективним і після додаткових досліджень наступним кроком до його реалізації є створення патенту на технологію виготовлення нанорозмірних плівок хрому в якості тонкоплівкових конденсаторів з їх подальшою реалізацією цільовим компаніям, які займаються виготовленням інтегральних мікросхем.

CONCLUSIONS

1. It is shown, in view of the literature data, the importance of studying the formation of oxides in chromium in different degrees of thickness, in particular in the form of thin nanoscale layers.

2. It was found that the most informative method for oxide formation in thin chromium nanosheets is the high-energy electron diffraction and transmitted electron microscopy.

3. Preliminary studies performed in this paper indicate the beginning of oxide formation in chromium films starting from 600 °C and the completion of oxidation with the appearance of Cr_2O_3 at an approximate temperature of 853 °C in a vacuum (10-20) mPa.

4. Resistometric experiments of the chromium film in a vacuum installation of VUP-5 showed that the film has a metallic conductivity with a characteristic positive value of the DKS. Annealing of the film in a vacuum does not lead to a sharp drop in the electrical resistance, as expected from vacuum condensates. The value of the specific electrical resistance after annealing roughly coincides with its initial value, this may be due to the fact that the decrease in the specific electrical resistance observed during exposure to annealing temperature is determined by the subsequent oxidation of the sample surface during cooling, in general, the film shows satisfactory quality in terms of the stability of the electrophysical parameters.

5. The electrical resistivity of the chromium film is much higher than the values given in the reference books for chromium in the massive state, more precisely, $0.11 \cdot 10^{-6}$ ohm·m. Similar differences in general are characteristic of vacuum condensates of refractory materials, including chromium, due to the presence of a poorly conducting phase of the main phase of the chromium grains concentrated on the boundaries of the grains. In the process of annealing, as shown by electron microscopy and electron diffraction, these boundaries become more rude, there is a roughness of the shape of the grains, the contacts between the grains in some cases have metallic conductivity, and in other cases, there are breaks of galvanic contacts between the

grains, in general, the decline of the electrical resistance, which is due annealing defects of the crystalline structure, is compressed by roughening the structure of the film and oxidation.

6. All studies conducted in accordance with the plan and are not a source of pollution of the production environment. The analysis of harmful and dangerous factors involves conditions under which there may be a risk of lesion of an organism

7. The analysis showed that this project is promising and after further research the next step to its realization is the creation of a patent for the technology of manufacturing nanosilver films of chromium as thin-film capacitors with their further implementation by target companies engaged in the manufacture of integrated circuits.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобылев А. В. Механические и технологические свойства металлов / А. В. Бобылев. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
2. Горелик С. С. Рентгеновский и электромикро-скопический анализ / С. С. Горелик, Л. Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. – М: Металлургия, 1970. – 297 с.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого тела / Дж. Блейкмор. – М.: Мир, 1988.
4. Ашкрофт Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М.: Мир, 1979.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1978.
6. Уэрт Ч. Физика твердого тела / Ч. Уэрт, Р. Томсон. – М.: Мир, 1969.
7. Новиков И. И. Теория термической обработки металлов / И. И. Новиков. – М.: Металлургия, 1986.
8. Русаков А. Л. Рентгенография металлов / А. Л. Русаков. – М.: Атомиздат, 1977.
9. Bubert H. Surface and Thin Film Analysis: A Compendium of Principles, Instrumentation, and Applications, 2nd, Completely Revised and Enlarged Edition / H. Bubert, H. Jenett., 2002. – 325 с.
10. Комник Ю. Ф. Физика металлических пленок / Ю. Ф. Комник. – М: Атомиздат, 1979. – 263 с.
11. Фелдман Л. Основы анализа поверхности и тонких пленок / Л. Фелдман, Д. Майер. – М: Мир, 1989. – 344 с.
12. Нефедов С. А. Основы просвечивающей электронной микроскопии / С. А. Нефедов. – М: Мир, 1979. – 234 с.
13. Reimer L. Transmission Electron Microscopy / L. Reimer. – Phys. Rev. B 49, 1997. – 302 с.
14. Shindo D. High-Resolution Electron Microscopy for Materials Science / D. Shindo, K. Hiraga. – Phys. Rev. B 49, 1998. – 190 с.

15. Zhang X. Progress in Transmission Electron Microscopy / X. Zhang, Z. Zhang. – Phys. Rev. B 49, 2001. – 366 с.
16. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства / А. И. Гусев. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 100 с.
17. Неволин В. К. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии / В. К. Неволин. – Москва: Московский государственный институт электронной техники, 2000. – 87 с.
18. Майселл Л. Технология тонких пленок: справочник. / Л. Майселл, Р. Глэнг. – Москва. Советское радио, 1977. – 664 с.
19. Електронний мікроскоп: [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://solids.univer.kharkov.ua/book/m_zt_2008.pdf. Дата доступу: 19.11.2018. – Назва з екрану.
20. Кулаков Ю. А. Електронна мікроскопія / Ю. А. Кулаков. – М.: Знание, 1981. – 64 с.
21. Проценко І. Ю. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів / І. Ю. Проценко, А. М. Чорноус, С. І. Проценко / За загальною редакцією проф. І. Ю. Проценка: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2007. – 264 с.
22. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
23. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
24. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
25. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
26. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

28. ГОСТ 12.3.002-2014. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

29. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу № 0472-14.

30. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

31. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

32. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

33. Степанчук А. М. Матеріали для напилювання покриттів / А. М. Степанчук, І. І. Білик. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 236 с.

34. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров. – К: Основа, 2014. – 352 с.

35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

36. ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

37. ДСТУ 7234:2011. Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки.

38. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

39. ДСТУ EN 954-1:2003. Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування.

40. ДСТУ EN ISO 13849-1:2016. Безпечність машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування».

41. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

42. ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

43. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.

44. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

45. ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць.

46. ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні промислові.

47. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, № 424/3717 від 30.06.1999 р.

48. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги.

49. НАПБ Б.03.002-2007. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.